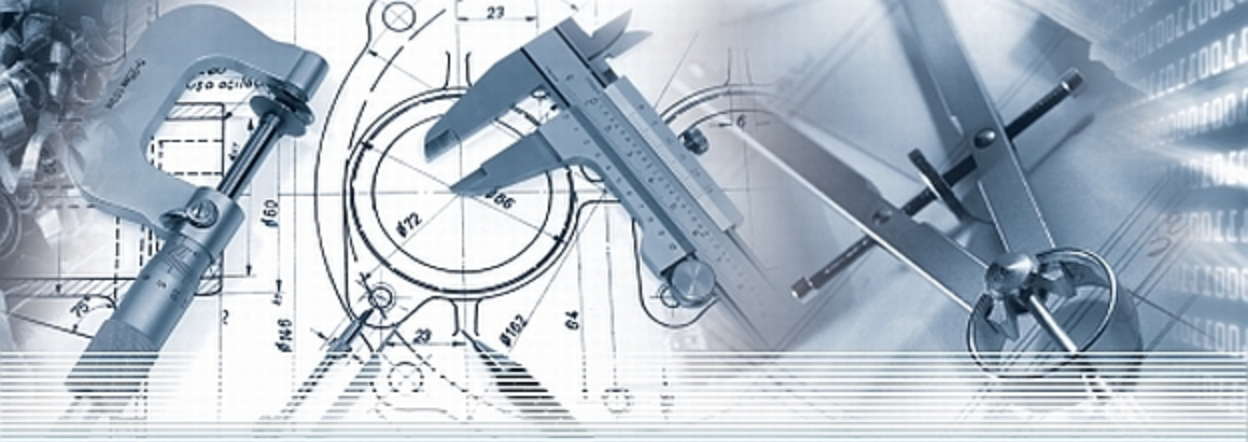


A XX. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XX-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

3. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET

2015

eME

A XX. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XX-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE

3.

ISSN 2393 – 1280

Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya
Transylvanian Museum Society – Department of Technical Sciences

eME

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE

3.

A XX. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XX-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

Szerkesztette/Edited by
BITAY ENIKŐ

ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET
Kolozsvár
2015

Copyright © a szerzők / the authors, EME/ TMS 2015

Minden jog, a kiadvány kivonatos utánnyomására, kivonatos vagy teljes másolására (fotokópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, or transmitted, in any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Kiadó / Publisher: Erdélyi Múzeum-Egyesület
Felelős kiadó / Editor-in-Chief: Biró Annamária
Szerkesztette / Edited by: Bitay Enikő
Műszaki szerkesztő / DTP: Szilágyi Júlia
Borítóterv / Cover: Könczey Elemér

Nyomdai munkálatok / Typography jobs
F&F International Kft. Kiadó és Nyomda, Gyergyószentmiklós
Tel./Fax: +40-266-364171

online elérhető / online available at:
http://eda.eme.ro/handle/10598/28595
DOI: 10.33895/mtk-2015.03

eME

A XX. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

(KOLOZSVÁR, 2015. MÁRCIUS 19.)

PROCEEDINGS OF THE XX-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

(CLUJ, MARCH 19. 2015.)

SZERVEZŐ / ORGANIZED BY:
Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya
Transylvanian Museum Society - Department of Technical Sciences

TÁRSSZERVEZŐ / CO-ORGANIZER:
Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely
Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Technical and Human Sciences

PROGRAMBIZOTTSÁG / ORGANIZATION BOARD

Gyenge Csaba, Máté Márton, Talpas János

TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG / LEKTOROK
SCIENTIFIC ADVISORY BOARD / PEER REVIEWERS

Bagyinszki Gyula (Budapest)
Balázs János (Budapest)
Bitay Enikő (Kolozsvár/Cluj)
Bodó Zalán (Kolozsvár/Cluj)
Bodzás Sándor (Debrecen)
Boros Norbert (Debrecen)
Bolló Betti (Miskolc)
Bögre Bálint (Budapest)
Csete Mária (Budapest)
Csetneki Sándorné Bodnár Ildikó (Miskolc)
Csibi Vencel (Kolozsvár/Cluj)
Csiszárik-Kocsir Ágnes (Budapest)
M. Csizmadia Béla (Gödöllő)
Danyi József (Kecskemét)
Dávid László
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Dineva Adrienn (Budapest)
Drégelyi-Kiss Ágota (Budapest)
Dobránszky János (Budapest)
Dudás Illés (Miskolc)
Fábián Csaba (Kecskemét)
Farkas Gabriella (Budapest)
Forgó Zoltán
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Gobesz Ferdinánd-Zsongor (Kolozsvár/Cluj))
Gyenge Csaba (Kolozsvár/Cluj)
Holland Dénes
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Horváth Róbert (Debrecen)
Imecs Mária (Kolozsvár/Cluj)
Keczánné Üveges Andrea (Debrecen)
Kakucs András
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Kelemen András
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Kerekes Attila (Debrecen)
Kerekes László (Kolozsvár/Cluj)
Kékedy-Nagy László (Kolozsvár/Cluj)
Kozma Mihály (Budapest)
Körei Attila (Miskolc)
Kovács Coskun Tünde (Budapest)
Kovács György (Miskolc)
Kovács Tibor (Budapest)
Kuzsella László (Miskolc)
Márton László
(Gyergyószentmiklós/Gheorgheni)
Máté Márton
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Nagy István (Budapest)
Oldal István (Gödöllő)
Palásti Kovács Béla (Budapest)
Papp István
(Marosvásárhely/Târgu Mureș)
Pinke Péter (Nagyszombat/Trnava)
Piros Sándor (Debrecen)
Peszeki Zoltán (Gödöllő)
Petró Leonárd (Debrecen)
Pógár István (Debrecen)
Pokorádi László (Budapest)
Rácz Pál (Budapest)
Réger Mihály (Budapest)
Réti Tamás (Budapest)
Rippelné Pethő Dóra (Veszprém)
Roósz András (Miskolc)
Sikolya László (Nyiregyháza)
Somló János (Budapest)
Szabó Szilárd (Miskolc)
Szebényi Gábor (Budapest)
Szigeti Ferenc (Nyíregyháza)
Szilvásiné Rozgonyi Erika (Miskolc)
Tisza Miklós (Miskolc)
Tolnai András (Budapest)
Tolvaj Béla (Miskolc)
Tóth László (Debrecen/Miskolc)
Udroiu Răzvan (Brassó/Brașov)
Varga Zoltán (Veszprém)
Végvári Ferenc (Kecskemét)
Vincze Dávid (Miskolc)
Weltsch Zoltán (Budapest)

TARTALOM

ELŐSZÓ *23*

Balázsi Csaba
Korszerű kerámiák kutatása és fejlesztése *25*

Dudás Illés
Korszerű hajtóművek előállítása intelligens, integrált rendszerekben – a tervezéstől a megvalósulásig *31*

Tóth László
Tudomány fejlődése – gyakorlati alkalmazások – generációs problémák *39*

Ágoston János
Telephely választási feladat megoldása az AIMMS modellező rendszerrel *47*

Almádi Bernadett, Szilágyi Tibor Pál, Rezsabek Tamás
Műszaki fejlesztés és innováció a gombatermesztésben *51*

Angi Norbert, Udroiu Razvan, Deliu Gheorghe, Vasiloni Mircea
Egy korszerű tervezési elveken alapuló, könnyű repülőgép bemutatása *55*

Bablena Adrienn
Gördülési ellenállás hatásának modellezése diszkrét elemek módszerével *59*

Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő
Hősokk-állóság becslés szerszámanyagokra *63*

Baranyai Dávid, Sipos Tibor
A közúti forgalmi rend felülvizsgálata *67*

Baranyi István
Abráziósan koptatott felületek kiértékelése érdességmérés segítségével a kopás kezdeti szakaszában *71*

Bera Bálint, Pokorádi László
A LogTreeMM szemléltetése 75

Béres Gábor, Danyi József, Végvári Ferenc
Járműkarosszéria vázszerkezeti elemek képlékenyalakítása 79

Béres Gábor, Danyi József, Végvári Ferenc
Nagyszilárdságú autóipari lemezek hajlítása, visszarugózási problémaköre 83

Bertalan Nikolett, Kocsis Dénes, Fórián Sándor
Zajtérképezési vizsgálatok számítógépes modellezéssel 87

Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula
Járműipari acélok szilárdságnövelési lehetőségei 91

Bocsi Róbert, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Hanák László, Hodai Zoltán
A szuszpenzió keverésének hatása foto-bioreaktorban termesztett mikroalgák biomassza termelékenységére 95

Bodnár István
Fagázosítás energetikai hatékonyság-vizsgálata különböző gázosító közegek alkamazásával 99

Boldizsár Csongor, Bodnár István
Családi ház energetikai korszerűsítésének hatékonyság-vizsgálata 103

Borbély László, Rácz Pál
Atomerőműi bórkarbid szabályzó rúd robbantásos portömörítési technológiája 107

Cardoso Henrique Venga, Diniz Lucas Mesquita, Tolnai András
A Robotino oktatói robot kamerakép feldolgozásának és színfelismerésének elemzése 111

Csüllög Mihály, Matkó Andrea, Váró Kata Anna
Szervezeti belső kommunikáció 115

Czap László, Pintér Judit Mária
Gyenge minőségű beszéd szegmentálása 119

Darvay Zsolt, Takács Petra-Renáta
Belsőpontos algoritmus lineáris optimalizálásra a centralizálási egyenlet átalakításával 123

Dorogi Dániel, Bencs Péter
Szubszonikus szélcsatornában kialakuló sebességeloszlás mérése LDA technika alkalmazásával 127

Drégelyi-Kiss Ágota, Horváth Richárd, Nagy Nándor
Műszaki műanyag forgácsolhatóságának vizsgálata 131

Elekes Andrea, Nagy Roland, Bartha László, Vágó Árpád
Kőolaj-víz emulziók reológiai vizsgálata 135

Fiál Ádám
Passzív szoláris nyereségek vizsgálata a DEM kutatószobák energiafelhasználásának tükrében 139

Fórián Sándor, Salagvárdi Noémi, Bodnár Ildikó
Helyszíni vízanalitikai vizsgálatok a Kondoroson 143

Fried Zoltán
Felhasználói viselkedésanalízis egy lehetséges módszere 147

Gárdonyi Péter, Kátai László, Szabó István
Az ékszíjtárcsa átmérők és az ékszíjak melegedési viszonyainak kapcsolata 151

Göcs László, Johanyák Zsolt Csaba
Vállalati informatikai biztonság szerepe napjainkban 155

Herczeg Zoltán, Nagy István
Telemanipulációs robotkar megtervezése és kivitelezése 159

Hodai Zoltán, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Hanák László, Bocsi Róbert
Mikroalga technológia alkalmazhatóságának lehetőségei *163*

Horváth Richárd, Lukács Judit
Erőtani vizsgálatok acél simító esztergálásánál *167*

Hriczó Krisztián
Hasonlósági transzformáció alkalmazása nem-newtoni közeg áramlásában *171*

Kocsis Dénes, Bertalan Nikolett, Fórián Sándor
Stratégiai és környezeti zajtérképezés szerepe a műszaki felsőoktatásban *175*

Koós Dániel, Bodnár István
Napelem teljesítmény és hatásfok változásának vizsgálata felületi szennyeződés esetén *179*

Kothencz Réka, Nagy Roland, Bartha László, Vágó Árpád
Kémiai harmadlagos kőolajkitermelésre alkalmas polimer-tenzid oldatok folyási tulajdonságainak hőmérsékletfüggése *183*

Kovács-Coskun Tünde, Pinke Péter
Hőkezelt 22MnB5 acél kopásállóságának vizsgálata *187*

Kozma Bálint, Dobránszky János
TRIP700 acél ellenállás-ponthegesztése *191*

Kulcsárné Forrai Mónika, Kulcsár Gyula
Új modell időben változó erőforrás-korlátos ütemezési feladatok megoldására *195*

László Zoltán, Suteu Hunor, Tolvaly-Rosca Ferenc
Sűrített levegővel hajtott jármű tervezése és építése *199*

Leite Clayton Frederick Souza, Cavalcanti Marília Cordeiro
Roboguide 3D-s szimulációs rendszer bemutatása és elemzése *203*

Manciula Dorin, Kormos Fiammetta, Bitay Enikő, Holczer Emil, Veress Erzsébet

$IrO_2 \cdot SnO_2$ nanokompozit vékonyrétegek elektrokémiai viselkedésének vizsgálata *207*

Máriás Nimród, Tolvaly-Roșca Ferenc

Stirling motoros naperőmű *211*

Márton Péter

Ragasztott faelemekből kiképezett íves tetőszerkezetek. Szerkezeti összehasonlítások *215*

Mátrai Zsolt, Bodnár István

Dízelmotor környezeti terhelésének vizsgálata fosszilis és alternatív üzemanyagok használata mellett *219*

Molnár Éva, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Bocsi Róbert

A porlasztás nyújtotta lehetőségek alkáli lúgos földgáztisztításnál *223*

Mucsi András, Felde Imre, Kerekes Gábor, Kocsisné Baán Mária

Hűtőközegek viselkedésének vizsgálata speciális próbatestek segítségével *227*

Mucsi András, Povorai Gábor

Újrakristályosodás vizsgálata folyamatos melegkeménység-méréssel *231*

Nagy Roland, Kothencz Réka, Bartha László, Vágó Árpád

Harmadlagos kőolajkitermelésre alkalmazott tenzidek összehasonlító vizsgálata *235*

Nyulas Dorottya, Bitay Enikő, Kacsó Irén, Manciula Dorin, Veress Erzsébet

A vassalak maradványok archeometallurgiai jelentősége *239*

Palásti-Kovács Béla, Gelencsér Balázs, Czifra Árpád

A felületi érdesség hatása ragasztott kötések szilárdságára *243*

Pásztor Judit, Forgó Zoltán

Forgóborona munkaeszközének kinematikai vizsgálata *247*

Pereira Joao Vitor Martins Rodrigues, Oliveira Ricardo Do Amaral
Ívhegesztő robotok szenzorjai *251*

Péter Álmos Lehel, Faludi Botond, Tolvaly-Roșca Ferenc
Gantry típusú hobby CNC marógép tervezése és építése *255*

Petrányi Andrea, Fórián Sándor, Boros Norbert
Mikrobiológiai gyorstesztek alkalmazhatósága szürkevizek vizsgálata során *259*

Pokorádi László
Hibafa érzékenységelemzése *263*

Réti Tamás, Réger Mihály, Nagyné Halász Erzsébet
Celluláris struktúrák topológiai jellemzése *267*

Safranyik Ferenc, Csizmadia Béla
Kalibrációs módszer szemcsés halmazok mikromechanikai jellemzőinek meghatározásához *271*

Szamosi Barna, Pokorádi László
Az interszubjektív tudás hatása az FMEA elemzésre *275*

Szaszák Norbert, Szabó Szilárd
Új típusú, turbulencia-generáló aktív rács laboratóriumi vizsgálata állandó hőmérsékletű légsebességmérő technika alkalmazásával *279*

Szerencsés Ádám, Gonda Viktor
A súrlódási tényező pontos meghatározását befolyásoló körülmények vizsgálata gyűrű zömítésénél *283*

Szilágyi Tibor Pál, Almádi Bernadett,. Tóth Tamás
Az építőipari, beruházási – projekt kockázatok vizsgálata és feltárt dimenziói *287*

Talpas János
A műszaki örökség tárgyi értékeinek elemzése az idegenforgalomban való hasznosítás érdekében *291*

Tóth Georgina Nóra, Drégelyi-Kiss Ágota
Autóipari beszállítók értékelési lehetőségei 295

Tóth Levente Ferenc
Foszfor alapú égésgátlókkal ellátott, szénszál erősítésű kompozitok éghetőségi és mechanikai vizsgálata 299

Tóth Norbert, Garamvölgyi Ernő
Termelési folyamatok anyagellátási rendszerének szimulációs modellezése 303

Tóth Xénia Erzsébet, Tóth János
Különböző energiaforrású lineáris tengelyek irányítása 307

Tráj Krisztina, Pokorádi László
Kockázatelemzési módszerek szemléltetése a diákélet egy példáján keresztül 311

Uzonyi Sándor, Asztalos Lilla, Dobránszky János
Duplex korrózióálló acél durvalemezek hegesztése 315

Varga Attila
Silószárítók szemcsemozgás viszonyainak elemzése 319

Varga István, Dezső Gergely
Gépkocsi kerékfelfüggesztések rezgési tulajdonságainak szimulációja és mérése 323

Varga Péter, Gonda Viktor, Rácz Pál
Taylor teszt modellezése a Johnson-Cook anyagmodell alkalmazásával: a hőmérséklet hatása 327

Varga Tamás Antal, Mankovits Tamás, Kocsis Imre, Budai István, Balogh Gábor, Gábora András, Kozma István, Manó Sándor
Fémhabok struktúrájának elemzése és modellezése 331

Vekov Géza
Számítógépek hardverparamétereinek osztályozása az automatikus regisztrálhatóság alapján 335

Vekov Imre

Üvegtáblák tervezésére felhasznált szabványok.....339

Weis Átila Astor, Marcos Pedro de Botelho, Nagy István

Gyártási termék nyomkövetése RFID technológiával: esettanulmány egy hajógyári környezetben 343

Zilahi Krisztián László, Szabó Norbert, Piros Sándor

Erővisszacsatolt hidraulikus emelőberendezés modell megvalósítása ipari eszközökkel.....347

SZERZŐK JEGYZÉKE *351*

CONTENT

FOREWORD *23*

Csaba Balázsi
Research and development of advanced ceramics *25*

Illés Dudás
Manufacture of modern worm gear drives in intelligent integrated systems – from design to realization *31*

László Tóth
Development of the sciences – practical applicatons - generation problems *39*

János Ágoston
Solving a site selection problem with the AIMMS modelling system *47*

Bernadett Almádi, Tibor Pál Szilágyi, Tamás Rezsabek
Technology development and innovation in mushroom growing *51*

Norbert Angi, Razvan Udroiu, Gheorghe Deliu, Mircea Vasiloni
The conceptual design of a modern lightweight aircraft *55*

Adrienn Bablena
Discrete element modeling of wheel rolling resistance *59*

Gyula Bagyinszki, Enikő Bitay
Estimation of thermal shock resistance for tool materials *63*

Dávid Baranyai, Tibor Sipos
Revision of road traffic order *67*

István Barányi
Evaluation of the abrasive wear process by roughness measuring in the case of initial stage of wear *71*

Bálint Bera, László Pokorádi
Demonstration of the LogTreeMM *75*

Gábor Béres, József Danyi, Ferenc Végvári
Forming of vehicle-frame elements 79

Gábor Béres, József Danyi, Ferenc Végvári
Bending of high-strength automotive sheet materials, and spring-back problems 83

Nikolett Bertalan, Dénes Kocsis, Sándor Fórián
Noise mapping examintaions by computer modelling 87

Enikő Bitay, Gyula Bagyinszki
Opportunities of strenght-increasing of automotive steels 91

Róbert Bocsi, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, László Hanák, Zoltán Hodai
Characterization the effect of mixing on microalgae biomass productivity in flat panel photobioreactor 95

István Bodnár
Energy efficiency analysis of wood gasification using different gasifying mediums 99

Csongor Boldizsár, István Bodnár
Efficiency-analysis for energy-related modernization of a family house 103

László Borbély, Pál Rácz
Explosive powder compacting technology of nuclear power plant's boron-carbide regulator rod 107

Henrique Venga Cardoso, Lucas Mesquita Diniz, András Tolnai
The Robotino education robot's camera picture processing and colour recognition process 111

Mihály Csüllög, Andrea Matkó, Kata Anna Váró
Organizational internal communication 115

László Czap, Judit Mária Pintér
Segmentation of low quality speech 119

Zsolt Darvay, Petra-Renáta Takács
Interior-point algorithm for linear optimization based on the transformation of the centering equation 123

Dániel Dorogi, Péter Bencs
A measurement of the velocity distribution in a subsonic wind tunnel applying LDA technique 127

Ágota Drégelyi-Kiss, Richárd Horváth, Nándor Nagy
Investigation of machinability on technical plastic 131

Andrea Elekes, Roland Nagy, László Bartha, Árpád Vágó
Rheological investigation of crude oil - water emulsions 135

Ádám Fiál
Energy consumption based examination of passive solar gains in the carrels of the DEM 139

Sándor Fórián, Noémi Salagvárdi, Ildikó Bodnár
Field studies of water analytics at the Kondoros 143

Zoltán Fried
Real-time user behavior analysis - machine learning in identity intelligence 147

Péter Gárdonyi, László Kátai, István Szabó
Relationship between the pulley diameter and V-belt temperature conditions 151

László Göcs, Zsolt Csaba Johanyák
The role of corporate security today 155

Zoltán Herczeg, István Nagy
Designing and implementation of a telemanipulation's robot arm 159

Zoltán Hodai, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, László Hanák, Róbert Bocsi
Utilisation possibilities of microalga technology 163

Richárd Horváth, Judit Lukács
Investigation of cutting forces on structural steel in case of fine turning 167

Krisztián Hriczó
Application of similarity transformation for non-Newtonian fluid flow 171

Dénes Kocsis, Nikolett Bertalan, Sándor Fórián
The role of strategic and environmental noise mapping in technical education 175

Dániel Koós, István Bodnár
Examination of performance and efficiency of photovoltaic cells with contaminated surfaces 179

Réka Kothencz, Roland Nagy, László Bartha, Árpád Vágó
Temperature dependence of flow properties of polymer-surfactant solutions for chemical enhanced oil recovery 183

Tünde Kovács-Coskun, Péter Pinke
Wear reistance test of heat treated 22MnB5 steel 187

Bálint Kozma, János Dobránszky
Resistance spot welding of TRIP700 steel 191

Mónika Kulcsárné Forrai, Gyula Kulcsár
A new model for solving time-varying resource-constrained scheduling problems 195

Zoltán László, Hunor Suteu, Ferenc Tolvaly-Rosca
Compressed air driven vehicle design and construction 199

Clayton Frederick Souza Leite, Marília Cordeiro Cavalcanti
Roboguide 3D simulation's system introducing and analyzing 203

Dorin Manciula, Fiammetta Kormos, Enikő Bitay, Emil Holczer, Erzsébet Veress
Investigations on electrochemical behaviour of $IrO_2 \cdot SnO_2$ nanocomposite thin layers 207

Nimród Máriás, Ferenc Tolvaly-Roșca
Stirling engine for solar electric power systems 211

Péter Márton
Glulam arch roofings. Structural comparisons 215

Zsolt Mátrai, István Bodnár
Analysing of the effect on diesel engine on the environment using fossil and alternative fuels 219

Éva Molnár, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, Róbert Bocsi
Spraying provided opportunity to alkaline caustic gaspurification of natural gas 223

András Mucsi, Imre Felde, Gábor Kerekes, Mária Kocsisné Baán
Investigation of the behaviour of quenchants using special test pieces 227

András Mucsi, Gábor Povorai
Investigation of recrystallization using continous hot-hardness measurement 231

Roland Nagy, Réka Kothencz, László Bartha, Árpád Vágó
Comparative investigation of surfactants for enhanced oil recovery 235

Dorottya Nyulas, Enikő Bitay, Irén Kacsó, Dorin Manciula, Erzsébet Veress
Archaeometallurgical importance of iron smelting and smithing slags 239

Béla Palásti-Kovács, Balázs Gelencsér, Árpád Czifra
Effect of surface roughness on the strength of adhesive bonding 243

Judit Pásztor, Zoltán Forgó
Research about the kinematics of the rotary harrow's working tool 247

Joao Vitor Martins Rodrigues Pereira, Ricardo Do Amaral Oliveira
Arc welding robots' sensors 251

Álmos Lehel Péter, Botond Faludi, Ferenc Tolvaly-Roșca
Gantry type hobby CNC milling machine design and construction 255

Andrea Petrányi, Sándor Fórián, Norbert Boros
Usability of microbiological rapid tests for greywater analysis 259

László Pokorádi
Sensitivity analysis of fault tree 263

Tamás Réti, Mihály Réger, Erzsébet Nagyné Halász
On the topological characterization of cellular structures 267

Ferenc Safranyik, Béla Csizmadia
Calibration method for determining micromechanical parameters of granular materials 271

Barna Szamosi, László Pokorádi
The intersubjective knowledge of effect for FMEA analysis 275

Norbert Szaszák, Szilárd Szabó
Experimental investigation of a novel type active grid by means of constant temperature anemometry measurement technique 279

Ádám Szerencsés, Viktor Gonda
Examination of the boundary conditions in determination of the friction coefficient by ring upsetting 283

Tibor Pál Szilágyi, Bernadett Almádi, Tamás Tóth
The analysis and the discovered dimensions of construction investment project risks 287

János Talpas
The analysis of the technical heritage with the purpose of its touristic exploitation 291

Georgina Nóra Tóth, Ágota Drégelyi-Kiss
Opportunities of automotive suppliers evaluation 295

Levente Ferenc Tóth
Mechanical and flame retardant features of carbon fibre reinforced composites with phosphorus based flame retardants 299

Norbert Tóth, Ernő Garamvölgyi
Simulation modeling of material supply systems of production processes 303

Xénia Erzsébet Tóth, János Tóth
Controlling of two different energy driven linear axes 307

Krisztina Tráj, László Pokorádi
Demonstration of risk assessment methods through a student life problem 311

Sándor Uzonyi, Lilla Asztalos, János Dobránszky
Welding of duplex stainless steel thick plates 315

Attila Varga
Analysis of particle movement conditions of silodryer 319

István Varga, Gergely Dezső
Analysis of vibration states of cars by experimental measurements and dynamical model simulations 323

Péter Varga, Viktor Gonda, Pál Rácz
Computational simulation of the Taylor impact test using the Johnson-Cook constitutive model: the effect of temperature 327

Tamás Antal Varga, Tamás Mankovits, Imre Kocsis, István Budai, Gábor Balogh, András Gábora, István Kozma, Sándor Manó
Structural analysis and modelling of metal foams 331

Géza Vekov
Computer hardware state parameter classification based on registration automation possibilities 335

Imre Vekov
Design codes for glass sheet design 339

Átila Astor Weis, Marcos Pedro de Botelho, István Nagy
Tracking manufacturing resources with RFID technology: a case study for applications in shipyards 343

Krisztián László Zilahi, Norbert Szabó, Sándor Piros

Implementation of force feedback lifting equipment model with industrial devices *347*

LIST OF AUTHORS *351*

ELŐSZÓ

A műszaki tudományok rohamos fejlődése arra készteti a kutatókat, az oktatókat, hogy éberen kövessék szakmájuk változásait, az új eredményeket beépítsék saját kutatásaikba s a megújuló ismereteket, információkat továbbadják az oktatás révén.

A *Fiatal műszakiak tudományos ülésszaka* is ezt a célt követte: a mindenkori új ismeretanyag átvételét, közlését, terjesztését, ezzel fokozva a tudományművelés iránti vágyat, a tudományosság iránti tiszteletet. Emellett húsz éve ösztönöz a magyar műszaki nyelv ápolására, a műszaki tudományosság magyar nyelven való terjesztésére. Ezzel lehetőséget teremt a magyar szaknyelv gyakorlására azok számára is, akik szakmájukat nem magyar nyelven tanulták-tanulják, illetve nem magyar nyelvű környezetben tevékenykednek. A fórum nem mellékesen szakmai kapcsolatokat épít s fenn is tart.

Most mérföldkőhöz, a huszadik rendezvényhez érkezik e műszaki fórum. Ebből az alkalomból mi is igyekeztünk újítani: színvonalas kiadványban közzétenni az elhangzott előadásokat. Nemcsak a borító lett szebb. Ebben az évben nagyobb súlyt fektettünk a szakmai értékekre. Csupán olyan tanulmányok kerülhettek a kötetbe, melyeket szaklektoraink írásban véleményeztek és közlésre javasoltak.

A fiatal műszakiak 20. tudományos ülésszakának előadásait ezúttal a *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozatban tesszük közé, abban a sorozatban, mely arra hivatott, hogy a műszaki tudományok egy-egy tudományos ülésszakán, konferenciáján, emléknapján elhangzott előadásokat gyűjtse egy csokorba. A sorozat az EME kiadásában indult el 2014-ben, első száma *A magyar tudomány napja Erdélyben* 13. központi fórumán, 2013. november 22-én elhangzott plenáris műszaki előadás, illetve a november 23-án a *XIV. műszaki tudományos ülésszak*on elhangzott előadások írott változatát tartalmazza.

Az ünnepi rendezvény alkalmából a jelen kiadványban, új köntösben, a *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozatban (MTK, 2015. 3. szám) a 2015. március 19-ei *XX. Fiatal műszakiak tudományos ülésszak* előadásainak írott változatát tesszük közzé, lehetőséget teremtve ezzel a széles körű terjesztésre.

A jelen kötetben a fórumon elhangzott három plenáris előadás szövegét, majd az első szerzők nevének sorrendjében a közlésre javasolt 76 tanulmányt olvashatják el.

Örvendetes, hogy a Kárpát-medencét megjelenítő fórum továbbra is nagy érdeklődésre tart számot. Idén a magyarországi, a felvidéki és az erdélyi fiatalok mellett hét Budapesten tanuló brazíliai egyetemi hallgatót is köszönthetünk körünkben, akik angol nyelvű előadásban mutatták be legújabb kutatásaik eredményét (az angol nyelvű tanulmányokat a magyar nyelvű kivonattal együtt közöljük).

Ebben az évben elég nagy számban képviseltetik magukat a többszerzős, csoportos kutatások, ezért a tavalyihoz képest kevesebb tanulmányt tudunk közzétenni. A jelen kiadvány összesen 191 szerző 79 írását tartalmazza, felöleli valamennyi műszaki szakterületet (gépészet, robotika, anyagtudományok, informatika, energetika, járműipar, építészet, agrártudomány stb.), a műszaki oktatás és az interdiszciplináris kutatás eredményeivel is kiegészülve.

A kötet és a tanulmányok külön-külön is elérhetők online módon az Erdélyi Digitális Adattárban: http://hdl.handle.net/10598/28595.

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik a tudományos ülésszakon vállalták az aktív részvételt, s érdeklődést keltő előadásukkal, értékes tanulmányukkal hozzájárultak a rendezvény színvonalának emeléséhez, a kiadvány megvalósulásához.

Külön köszönetünket fejezzük ki a lektoroknak, akik vállalták a tanulmányok szakmai értékelését, s véleményükkel, tanácsaikkal, önzetlen munkájukkal erősítették a kötet szakmaiságát.

Meggyőződésünk, hogy a kötet azok számára is értékes szakmai információkat nyújt, akik nem lehettek jelen az előadásokon.

Kolozsvárt, 2015 márciusában

Bitay Enikő
az Erdélyi Múzeum-Egyesület
Műszaki Tudományok Szakosztályának elnöke

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 25–30. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.01
http://hdl.handle.net/10598/28648

KORSZERŰ KERÁMIÁK KUTATÁSA ÉS FEJLESZTÉSE

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ADVANCED CERAMICS

Balázsi Csaba

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió, Korszerű Anyagok osztálya, Magyarország, Budapest, Fehérvári út 130, Telefon/Fax: +36-1/463-0525

Abstract

Silicon nitride is well known as low density, high strength ceramic with excellent thermal shock resistance. Silicon nitride-based ceramics having a combination of the mentioned properties are ideal candidates for many applications (pistons, cutting tools) at high working temperatures. In the case of silicon nitride better mechanical properties are achieved when a more fine-grained microstructure which also includes elongated beta silicon nitride particles (β-Si_3N_4) are designed. Ceramics that contains β-Si_3N_4 formed in-situ or ex-situ is characterized by higher toughness compared to monolithic parts without beta silicon nitrides. The silicon nitride matrix reinforced with silicon carbide or even carbon fiber, carbon nanotubes have increased toughness and electrical conductivity.

Keywords: *advanced ceramics, ceramic matrix composites, silicon nitride*

Összefoglalás

A szilíciumnitrid jól ismert, mint kis sűrűséggel, nagy szilárdsággal, kiváló hő-sokkállósággal rendelkező kerámia. Az említett tulajdonságok kombinációjával rendelkező szilíciumnitrid alapú kerámiák ideális jelöltek több alkalmazásra (dugattyúk, vágószerszámok stb.) magas hőmérsékleten is. A szilíciumnitrid esetében, az előnyösebb mechanikai és tulajdonságok elérését segíti, egy finomszemcsés mikrostruktúra kialakítása, amely egyúttal megnyúlt béta szilíciumnitrid szemcséket (β-Si_3N_4) tartalmaz. A monolitikus kerámiákkal összehasonlítva, az in-situ kialakult vagy ex-situ adalékolt β-Si_3N_4-et tartalmazó anyag nagyobb szívóssággal rendelkezik. A szilíciumnitrid mátrixot még szilíciumkarbid, szénszál vagy szén nanocső hozzáadásával is erősítettük, illetve növeltük a szívósságát és elektromos vezetőképességét.

Kulcsszavak: *korszerű kerámiák, kerámia mátrixú kompozitok, szilíciumnitrid*

1. Ipari alkalmazásokra kifejlesztett szilíciumnitrid alapú kompozitok

A műszaki kerámiák felhasználása az utóbbi néhány évtizedben terjedt el, míg a hagyományos kerámiák már évezredek óta ismertek. A kerámia anyagok összetétele, szerkezete és tulajdonságai közötti kapcsolatrendszer feltárása lehetővé tette a különféle műszaki alkalmazások igényeire szabott anyagok előállítását [1]. Ennek köszönhetően napjainkban a kerámiák már

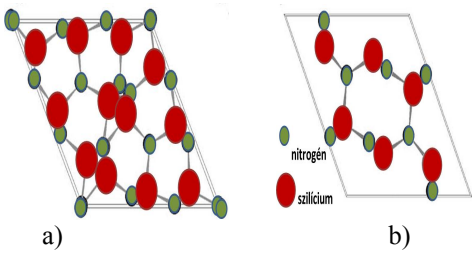
számos területen előnyben részesülnek fémes anyagokkal szemben.

A kerámia anyagok általában kis sűrűséggel, magas olvadásponttal rendelkeznek, kémiailag stabilak és hőállóak [2]. Az atomok ionos (pl. Al_2O_3, ZrO_2, MgO), kovalens kötéssel (pl. Si_3N_4, SiC) alkotnak főleg oxid, nitrid, borid, vagy karbid vegyületeket. Ezen kívül megkülönböztethetünk kristályos, valamint amorf fázisú kerámiákat. Jellemző mechanikai tulajdonságaik közé tartozik a nagy keménység, kopásállóság, nagy nyomószilárdság, hajlítószilárdság, de hátránya, főleg a képlékeny fémekkel szemben a ridegség [2]. A kerámiák általában rossz elektromos- és hővezetők. A változatos tulajdonságok biztosítják a kerámiák széleskörű alkalmazását. Megtalálható köztük félvezető, szupravezető, jó dielektrikum, valamint biokompatibilis tulajdonsággal rendelkező anyag is [1,2]. A kerámiák előnye, hogy az előállítási paraméterek és szerkezet változtatásával, adalékolással különböző tulajdonságú anyagokat tudunk létrehozni. Az egyik legismertebb kerámia a szilíciumnitrid (Si_3N_4). A szilíciumnitridek kiváló hősokkállósággal és mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek [3]. Hajlítási szilárdsága eléri a 800-900 MPa-t, keménysége 15-18 GPa-t, magas hőmérsékleten 1100-1200°C-ig is megmaradnak a tulajdonságai. A Si_3N_4 kerámiákat elterjedten alkalmazzák vágólapkaként fémek megmunkálására, csapágyak anyagaként, biokompatibilis implantátumként [4-6].

1.1. Si_3N_4 szerkezeti tulajdonságai

A szilíciumnitridnek (Si_3N_4) két kristályos módosulata elterjedten ismert és kutatott. A 1. ábra ismerteti az α-Si_3N_4 és β-Si_3N_4 fázisok sematikus vázlatát. Mindkét szerkezet tetraéderekből épül fel, ami középen egy szilícium atomot, és a sarkakban négy nitrogén atomot tartalmaz. Az atomok kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Az alfa és béta fázis kristályszerkezete hexagonális.

Rácsparamétereik eltérőek (α-Si_3N_4 esetében a = b = 7.818Å, c = 5.591Å és β-Si_3N_4 esetében a = b = 7.608Å, c = 2.911Å [7]), a hossztengely (c-tengely) mentén az α-fázis egységcellája kétszerese a β-fázisnak [7].



1. ábra. *A szilíciumnitrid [001] sík sematikus ábrája. a) α-Si_3N_4, b) β-Si_3N_4 [8].*

Az α-Si_3N_4 ekviaxiális felépítésű. Ellenben a β-Si_3N_4 hosszúkás, tű alakú és kevésbé kemény, mint az α-Si_3N_4. Rúdszerű alakja miatt az anyagban a repedésterjedés gátja lehet, ezáltal a β-Si_3N_4-et tartalmazó anyag nagyobb szívósságú, mint a csak α-Si_3N_4-et tartalmazó kerámia. Az α és β fázis abban is hasonlít, hogy a Si atomok egy része Al-mal, míg az N atomok egy része O-el helyettesíthetők, ezt az anyagot SiAlON-nak hívják [8].

Az alfa-béta átalakulás egy sokat kutatott átalakulás, hiszen ettől az átalakulástól várták a kutatók a Si_3N_4 ridegségének javulását és szívósságának növekedését. Az előzetes kutatások szerint az átalakulás jellege nem függ a szinterelési adalék mennyiségétől [9].

Kuzjukevics és Ishizaki körülbelül 1750°C-on mérték ki az alfa-béta átalakulást, alfa-Si_3N_4 szinterelésénél, ahol 3, 5 és 7% $YAlO_3$-t használtak szinterelési segédanyagként.

Yang és mtsai. [10] azt találták, hogy a teljes átalakulás megtörténik a szinterelés során már 1700°C környékén a különböző összetételű szinterelési segédanyagok felhasználásakor (2.5% Y_2O_3+1% Al_2O_3, 5% Y_2O_3+ 2% Al_2O_3 és 10% Y_2O_3+4% Al_2O_3),

amelyet korábban Lee és mtsai. már alkalmaztak [11]. Descamps és mtsai. hasonló eredményeket értek el különböző mennyiségű, de ugyanazon adalékanyag rendszer esetén [12]. Hampshire és Jack kiszámolták a fázisátalakulás aktiválási energiáját folyadék jelenlétében és 405 kJ.mol-1 közeli értéket kaptak, amely közel van a Si-N kötés energiájához (435 kJ.mol-1) [13]. Suematsu és mtsai. 500 kJ.mol-1 aktiválási energiát mértek a fázis átalakulás jellemzésekor Y_2O_3 és MgO szinterelési adalékok jelenlétében [14]. Amikor a fázis átalakulást a kompaktálás (sűrűség növekedése) vagy szemcsenövekedés kíséri -ilyen a szilíciumnitrid szinterelési folyamata- főleg a sok párhuzamosan végbemenő folyamat miatt nem könnyű feladat az aktiválási energia meghatározása. A közelmúltban azt is kimutatták, hogy az alfa-béta fázisátalakulás könnyebben végbemegy kis adalékanyag tartalom mellett is, amennyiben ú.n. sokk általi konszolidációs módszert alkalmazták. Akashi és Sawaoka kimutatta, hogy az alfa-béta fázisátalakulás megtörténhet, akár a sokk általi konszolidálás útján is [15]. Egy későbbi munkában Hirai és Kondo azt is kimutatták, hogy az alfa-béta fázisátalakulás során, nagy tisztaságú, nanométeretű porból kiindulva a béta-fázis képződése már 1227°C-on befejeződött, 46 GPa sokk nyomás alkalmazása esetén [16]. Végül, Turner és mtsai kimutatták, hogy, bár a hideg sokk konszolidáció mikroszkopikus hibákat indukált az alfa-por részecskékben, a fázis átalakulás már 1500°C alatti hőmérsékleteken is megfigyelhető az utóhőkezelés során [17].

2. Si_3N_4 alapú nanokompozitok

2.1. Nanokompozitok

A nanokompozitok fellelhetők a természetes biológiai rendszerekben, így a csontban és a növényekben is, mégis csak 20-25 éve beszélhetünk kerámia nanokompozitokról, amióta Roy [18] és Komarneni [19] publikációiban, mint egy új anyagmegnevezés bevezetésre került. Az évek során, a nanokompozit anyagok általános meghatározása jelentősen bővült ahhoz, hogy magába foglalja egyre több és sokféle rendszer, így az egy-dimenziós, kétdimenziós, háromdimenziós és amorf anyagokat, amelyek lényegesen különböző komponensekből tevődnek össze és a nanométeres skálán képeznek keveréket [20]. A szerves/szervetlen anyagokból álló nanokompozitok különleges tulajdonságaik révén a gyorsan fejlődő kutatási területek egyik csoportját képezik.

Az anyagok szerkezeti méretjellemzőinek csökkentésével jelentősen megnövelhetjük a felület/határ atomi arányát. A felület/határ energiák lényegében meghatározzák a szilárd anyag tulajdonságait. A határfelületek lehetővé teszik az anyagi inhomogenitások jelenlétét, amelyek jelentősen befolyásolják a nanokompozitok mechanikai és termikus tulajdonságait. Az anyagok szelektív összekeverésével és szabályozott morfológia biztosításával, nagy határfelületű és különleges tulajdonságú nanokompozitokat hozhatunk létre. A nanokompozit anyagok tulajdonságai nemcsak az összetevők kiinduló tulajdonságaiktól függnek, hanem az előállítási folyamat során kialakuló morfológiától és a nanokompozit mátrix-adalék határfelületi jelenségektől is.

A nanokompozitokat az összetevőkhöz viszonyított előnyösebb tulajdonságai miatt elterjedten alkalmazzák különböző területeken. A nanokompozitok néhány lehetséges előnyét a következőkben foglalom össze:

- Előnyős mechanikai tulajdonságok, pld. nagyobb szívósság, szilárdság, keménység
- Nagyobb termikus stabilitás, jobb kémiai ellenállás, jobb tribológiai tulajdonságok
- Előnyős funkcionális tulajdonságok: nagyobb elektromos vezetőképesség

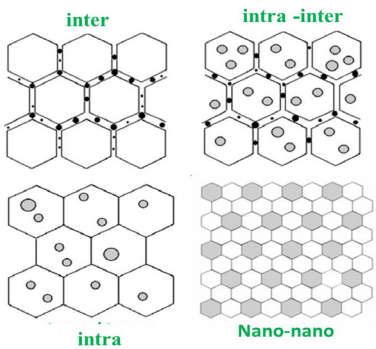
Általában akkor nevezünk nanoszerkezetűnek egy anyagot, ha annak makroszkópikus tulajdonságait meghatározó szerkezeti egysége legalább egy dimenzióban 100 nm alatt van [20, 21]. A nanoszerkezetű anyagok többféle csoportját dimenziójuk (és morfológiájuk) alapján csoportosíthatjuk; 0D (fullerének, kvantumpöttyök), 1D (nanoszálak, nanocsövek), 2D (nanorétegek), 3D (nanoszemcsékből felépülő tömbi anyagok). Előállítási módszereiket tekintve nanoszerkezetű anyagokat két, egymást kiegészítő, de szemléletében jelentősen eltérő módszerrel állíthatunk elő. Ismeretesek a „bottom-up" eljárások, amelyek segítségével atomokból, molekulákból nanoszerkezetet hozunk létre [22], illetve a „top-down" módszerek, ahol a tömbi kiindulási anyagra gyakorolt nagy intenzítású külső hatásokkal érjük el a nanoszemcsékből álló szövetszerkezet kialakulását. Mindkét módszert széles körben alkalmazzák napjaink kerámia alapú nanokompozitok kutatási és fejlesztési területein.

2.2. Kerámia nanokompozitok

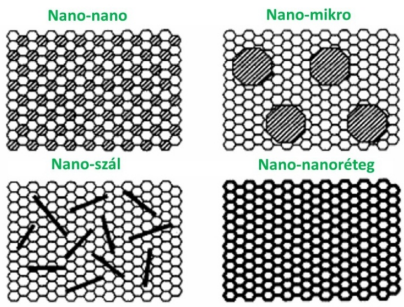
A kerámia nanokompozitoktól általában azt várjuk el, hogy a diszperz, erősítő fázis hozzáadásával feljavítható az alapmátrix makroszkópikus mechanikai, elektromos, termikus vagy éppen tribológiai tulajdonsága. Az évek során több szerkezeti és funkcionális kerámia nanokompozit fejlesztésének lépéseit és tulajdonságait ismerhett meg [23]. Főleg olyan anyagrendszereket vizsgáltak, melyekben a mátrix szemcsemérete mikrométeres (Al_2O_3, Si_3N_4 és MgO), a diszperz (vagy erősítő) fázisé (leginkább SiC) pedig nanométeres tartományba esik. A különböző eredményeket összevetve a mechanikai tulajdonságok közül a szilárdság az esetek többségében határozottan emelkedett, míg a szívósság és a kopásellenállás is javult kis mértékben a diszperz fázis mátrixba vitele után [23].

Niihara [20] nevéhez fűződik a szerkezeti kerámia nanokompozitok osztályozási koncepciójának megalkotása. A „Niihara modell" szerinti osztályozásban az erősítőfázis, a nanométeretű erősítő fázis, elhelyezkedhet a mátrix szemcséinek belsejében (intra-típus), a szemcsehatárokon (inter-típus), vagy vegyesen (intra/inter-típus) (2a. ábra). A kerámia nanokompozitok Niihara féle felosztását a mai napig elfogadják és használják, de ezzel egyidőben más kutatók (pld. Mukherjee [21]) már újabb felosztást is javasoltak. Mukherjee felosztása alapján a kerámia mátrix nanométeretű fázisból és különféle dimenziójú (és morfológiájú) erősítő fázisból tevődik össze. Mukherjee felosztásában (2b. ábra) a kerámia mátrix tehát nanométeretű, amiben az erősítő fázis lehet nanoszemcsés (nano-nano), mikronos méretű (nano-mikro), szálas (nano-szálas), vagy alkothat nanorétegeket (nano-nanoréteg).

A kerámia nanokompozitokat a két leggyakoribb módszerrel a mechanikai őrléssel vagy szol-gél eljárással lehet előállítani. Mindenképpen szükséges lépés, az előállítást követő utómegmunkálás, például, a leggyakrabban használatos szinterelés, ami a kerámiatechnológia egyik fontos területe [24]. A különféle funkcionális nanokompozit típusok közül néhány jellemző példa: üveg kerámiák, üveg/fém nanokompozitok (pl. fényérzékeny üvegek [25]. Egyik ígéretes nanokompozit a Co-Cr alapú elektrokerámia, amely széles felhasználási területre számíthat az információ és töltéstárolás területén. A dielektrikum mátrixban eloszlatott vezető nanorészecskék (pl. Ni/PZT) által javulhatnak a dielektromos tulajdonságok [26].



a)



b)

2. ábra. *Kerámia nanokompozitok sematikus modellje. a) Niihara modell [20], b) Mukherjee modell [21].*

2. 3. Si_3N_4 nanokompozitok

A kiváló mechanikai, termikus, elektromos és tribológiai tulajdonsággal rendelkező új nanokompozitok előállítása alapkutatások, de ugyanakkor több ipari tevékenységre kiterjedő alkalmazottkutatás központi kérdése. A szilíciumnitrid jól ismert, mint kis sűrűséggel, nagy szilárdsággal, kiváló hősokkállósággal rendelkező kerámia. Az említett, főleg szerkezeti tulajdonságok kombinációjával rendelkező szilíciumnitrid alapú kerámiák ideális jelöltek több elterjedt alkalmazásra (dugattyúk, vágószerszámok stb.) magas hőmérsékleten is [27].

A szilíciumnitrid esetében, az előnyős mechanikai tulajdonságok elérését segíti, egy finomszemcsés mikrostruktúra kialakítása, amely egyúttal megnyúlt β-Si_3N_4 szemcséket tartalmaz. A monolitikus kerámiákkal összehasonlítva, az in-situ kialakult vagy ex-situ adalékolt β-Si_3N_4-et tartalmazó anyag nagyobb szívóssággal rendelkezik [28]. A szilíciumnitrid mátrixot még SiC-al vagy szénszál hozzáadásával is erősítették, illetve növelték a szívósságát és a magashőmérsékleti szilárdságát [29, 30].

A kiváló mechanikai, elektromos és termikus tulajdonsággal rendelkező szén nanocsövek (CNT) kerámiamátrixhoz való adalékolásukkal új lehetőségeket jelentenek, feljavított mechanikai és funkcionális tulajdonságokkal rendelkező kerámia nanokompozitok előállítására [31-33]. Az ilyen kompozitok katalizátorok, hidrogéntárolók, üzemanyagcellában elektródok, szuperkondenzátorok és ultraszűrő membránok anyagaiként alkalmazhatók.

3. Következtetések

A világon elsőként állítottunk elő Si_3N_4/CNT nanokompozitot. A kísérletek azt mutatták, hogy a szilíciumnitrid mátrixú nanokompozitok szén nanocsővel való erősítése anyagtudományi alkalmazások szempontjából is értékes kombinációjú tulajdonságokat hozhat létre. Például, a kerámiára jellemző magas üzemi hőmérséklet kombinálható elektromos vezetőképességgel. A legfontosabb eredményünk, hogy előállítottunk olyan kerámia nanokompozitot, amely egyidejűleg jó elektromos vezetőképességgel és jó szilárdsággal rendelkezik. A kifejlesztett szilíciumnitrid alapú nanokompozit esetében a tényleges értékek: 10 S/m és 450 MPa szilárdság. Ez a hasznosítás szempontjából annyit jelent, hogy a Si_3N_4/CNT potenciálisan alkalmazható szikramentes csapágyak anyagaként, pld. bánya- és űriparban. A kerámiák feldolgozása területén, ez egy áttörő megvalósításnak számít.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Sōmiya, S.: *Handbook of Advanced Ceramics*, Vol. 2, Processing and their Applications, Elsevier (2003)

[2] Riley, F. L.: *Silicon Nitride and Related Materials*, J. Am Ceram Soc. 83 (2000) 245.

[3] Klemm, H.: *Silicon Nitride for High-Temperature Applications*, J Am Ceram Soc. 93 (6) (2010) 1501.

[4] Pakula, D. etal.: *Structure and properties of the Si_3N_4 nitride ceramics with hard wear resistant coatings*, J Mat. Proc. & Technol 157-158 (2004) 388.

[5] Luo, M. etal.: *Manufacture of fibrous β-Si3N4-reinforced biomorphic SiC matrix composites for bioceramic scaffold applications*, Mat Sci & Eng: C, 29 (4) (2009) 1422.

[6] Kue, R. etal.: *Enhanced proliferation and osteocalcin production by human osteoblast-like MG63 cells on silicon nitride ceramic discs*, Biomaterials 20 (1999) 1195.

[7] Villars, P., Calvert, L.D.: *Pearson's Handbook of Crystallographic Data for Intermetallic Phases* I, Vol. 3, pg 2790, Am Soc for Metals, Metals Park, OH, 1985

[8] Melendez-Martınez, J.J. etal.: *Creep of silicon nitrid*, Progress in Mat Sci 49 (2004) 19.

[9] Kuzjukevics, A. etal.: *Sintering of Silicon Nitride with $YAIO_3$ Additive*, J Am Ceram Soc 76 (9) (1993) 2373.

[10] Yang, J.F. etal.: *Influence of Yttria – Alumina Content on Sintering Behavior and Microstructure of Silicon Nitride Ceramics*, J Am Ceram Soc 83 (2000) 2094.

[11] Lee, D.D. etal.: Effect of Phase-Transition on the Sintering of Silicon-Nitride Ceramics, J Am Ceram Soc 73(3) (1990) 767.

[12] Descamps, P. etal.: A two-step method to obtain superplastic silicon nitride with high thermomechanical properties, J Eur Ceram Soc 17 (1997) 433.

[13] Hampshire, S., Jack, K.H. in: Taylor D, Popper P, editors. *Special ceramics*, vol. 7. Stoke-on-Trent: British Ceram Soc; 1981. p. 37.

[14] Suematsu, H. etal.: *The Transformation in Silicon Nitride Single Crystals*, J Am Ceram Soc 80 (1997) 615.

[15] Akashi, T. etal.: *Dynamic compaction of Si_3N_4 powder*, J Mater Sci 22 (1987) 1031.

[16] Hirai, H., Kondo, K.: *Shock-Compacted Si3N4 Nanocrystalline Ceramics: Mechanisms of Consolidation and of Transition from a- to p-Form*, J Am Ceram Soc 77 (1994) 487.

[17] Turner-Adomatis, B.L., Thadhani, N.N.: *Shock-enhanced alpha to beta phase transformation in Si_3N_4 powders*, Mat Sci Eng A 256 (1998) 289.

[18] Roy, R.: *Purposive design of nanocomposites: Entire class of new materials*. In. Cer. Microstructures 86, Role of Interface, 21 (1) (1987) 25.

[19] Komarneni, S., *Nanocomposites*. J. Mater. Chem. 2 (1992) 1219.

[20] Niihara, K.: *New design concept for structural ceramics-Ceramic nanocomposites*, J. Ceram. Soc. Jpn: The centennial memorial, 99(10) (1991) 974.

[21] Kuntz, J. D. etal.: *Effect of Fab. Method on Micro. Prop. of Al_2O_3-TiC*, MRS Bulletin, 29 (1) 2004 22.

[22] Mayo, M. J.: *Proc. of nanocrystalline cer. from ultraf. part.*, Int. Mater. Rev. 41 (1996) 85.

[23] Sternitzke, M.: *Struct. cer. nanocomposites*, J Eur Ceram Soc 17 (1997) 1061.

[24] Petzow, G., Herrmann, M.: *Silicon nitride ceramics*, Structure and Bonding, 102 (2002) 48

[25] Armistead, W.H. etal.: *Photochromatic silicate glasses sensitized by silver halides*, Science 144(1964) 15.

[26] Kundu, T.K. etal.: *Nanocomposite films of lead zirconate titanate and metallic nickel by sol-gel route*, Appl. Phys. Lett. 66 (1995) 35763578.

[27] Pasupuleti, S. etal.: *Toughening behavior in a carbon nanotube reinforced silicon nitride composite*, Mater Sci Eng A 491 (2008) 224.

[28] Imamura, H. etal.: *Further imp. in mech. prop. of highly anisotropic silicon nitride ceramics*, J. Am. Ceram. Soc. 83 (2000) 495–500.

[29] Wang, C. etal.: *Improved resistance to damage of silicon carbide-whisker-reinforced silicon nitride-matrix composites by whiskeroriented alignment*, J. Am. Ceram. Soc. 84 (2001) 161.

[30] Hyuga, H. etal.: *Friction and wear properties of Si_3N_4/carbon fiber composites with aligned microstructure*, J. Am. Ceram. Soc. 88 (2005) 1239.

[31] Iijima, S.: *Helical microtubules of graphitic carbon*, Nature 354 (1991) 56.

[32] Curtin, W.A., Sheldon, B.W.: *CNT-reinforced ceramics and materials*, Mater. Today (2004) 44.

[33] Balázsi Csaba, *MTA doktori értekezés*, http://real-d.mtak.hu/610/7/BalazsiCsaba_doktori_mu.pdf

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 31–38. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.02
http://hdl.handle.net/10598/28671

KORSZERŰ HAJTÓMŰVEK ELŐÁLLÍTÁSA INTELLIGENS, INTEGRÁLT RENDSZEREKBEN – A TERVEZÉSTŐL A MEGVALÓSULÁSIG

MANUFACTURE OF MODERN WORM GEAR DRIVES IN INTELLIGENT INTEGRATED SYSTEMS – FROM DESIGN TO REALIZATION

Dudás Illés

Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, H-4400, Nyíregyháza, Sóstói u. 31/B., illes.dudas@uni-miskolc.hu

Abstract

At each stage in the process of production of worm gear drives, during design, manufacture and assembly, faults can occur. Modern intelligent integrated systems can handle manufacturing in a versatile and flexible way; they can be efficiently utilized both in design and at the different phases of manufacture to improve product quality. Artificial intelligence and expert systems can now be used in the production of worm gear drives. It is also a good basis for the realization of the holonic manufacturing systems.

***Keywords**:* modern worm gear boxes, integrated manufacturing systems, CAD, CAM, CAQ, CIM

Összefoglalás

A csigahajtások előállítása során a tervezés, gyártás, szerelés folyamatában a marketingtől a késztermék kibocsátásáig bárhol előfordulhat hiba.. Az Intelligens Integrált Rendszerek tudják kezelni a rugalmas gyártást és a variációkat is. Így mind a tervezésben, mind pedig a gyártási fázisokban hatékonyan felhasználhatók a minőség javítása érdekében. A mesterséges intelligencia kialakulásával, a szakértői rendszerek elterjedésével megnyílt a lehetőség ezen módszerek alkalmazására a csigahajtások előállítása területén is. Ez jó alapot ad a holonikus gyártórendszerek kialakítására is.

***Kulcsszavak:** korszerű csigahajtóművek,integrált gyártórendszerek, CAD, CAM, CAQ, CIM*

1. Szakértői rendszerek alkalmazása csavarfelületek előállítására

Napjainkban a számítógépes tervezés (CAD), a CNC gépekkel történő gyártás (CAM), a CNC mérőgépekkel történő minősítés (CAQ) magasabb szinten ad lehetőséget a korrekciókra, megfelelő hálózat kiépítése esetén [9,10].

1.1. Csigahajtások gyártási problémái

A jó hatásfokú, nagyteljesítményű, alacsony zajszintű csigahajtások pontos megmunkálása köszörüléssel biztosítható.

A csavarfelületek köszörülésekor az alapvető problémát az okozza, hogy a köszörűkorong kopása miatti átmérőváltozás más korongprofilt kíván meg ugyanazon csavarfelület kialakításához. A másik lé-

nyeges hibalehetőség a szerszámok beállítási hibája mind a csiga, mind a csigakerék gyártása esetén. A hajtópár tagjainak CNC mérőgéppel történő geometriai ellenőrzése, a minősítés eredményének kiértékelése lehetőséget biztosít a hiba okok feltárására, ezáltal a gyártásba történő visszacsatolásra.

Ez különösen a kúpos csigák (spiroidok) gyártása esetén előnyös, mivel a kúpos csavarfelületek esetében a tengely mentén pontról pontra haladva más-más profilú köszörűkorongra lenne szükség az egzakt befejező megmunkálás érdekében.

1.2. A rendszer felépítése

A [9]-ban és az [10]-ben kidolgoztunk egy olyan módszert (általános matematikai modellt), amely a helikoid hajtások, hengeres és kúpos csigák, csigakerekek és szerszámaik tervezése, gyártása és geometriai minősítése területén irányt mutat egy szakértői rendszer tudásbázisának felépítéséhez.

A szakértői rendszer struktúrája [22]

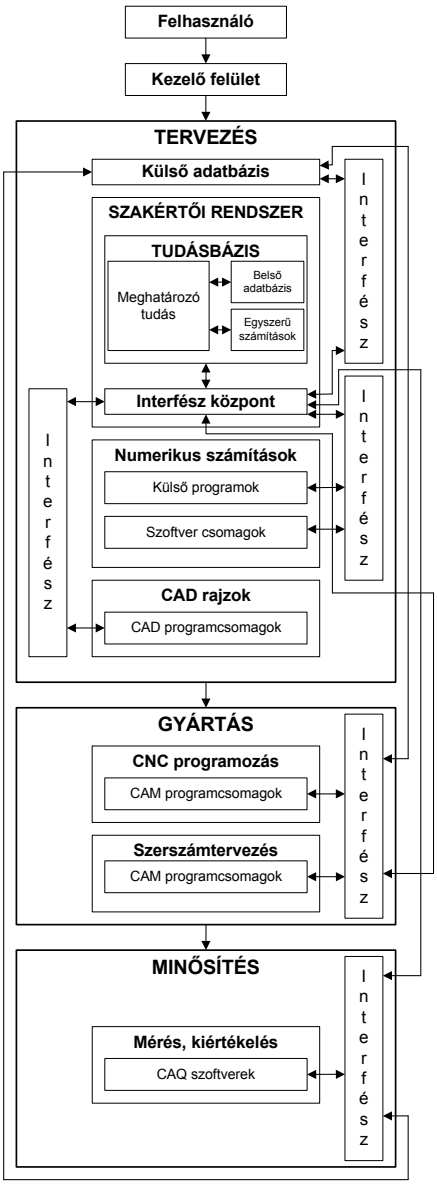
A rendszernek a következő tevékenységeket kell integrálnia:

- koncepcionális tervezés: a tervezés, specifikációk eredményei, stb.,
- részletes tervezés: analízis, anyagválasztás, rajzok, stb.,
- gyártás: szerszámozás, CNC programozás, stb.,
- mérés, ellenőrzés.

Mindezeket a feladatokat elvégző rendszerelemeket öt kategóriába (alapvető funkcionális egységbe) lehet sorolni:

- tudásbázis,
- numerikus számítások,
- adatkezelés, adatbázis,
- grafikus megjelenítés, rajzolás,
- az eszközök vezérlése (gépek, meghajtók, stb.).

Ezt a felépítést mutatja a **1. ábra**. A szakértői rendszer, mint egy koordinátor vezérli a többi elemet.



1. ábra. *A szakértői rendszer felépítése a csigahajtások tervezésére*

1.3. A teljes eljárás tartalma

Az Intelligens Integrált Rendszer (a csigahajtásokra vonatkozóan) a következő feladatokat oldja meg.

Tervezési specifikációk (koncepcionális tervezés)

A felhasználó először megadja a tervezési specifikációkat.

- bemenő fordulatszám, sebesség, kinematikai áttétel, átviendő teljesítmény, tengelyhelyzetek, tengelytáv, stb.

A program ezek alapján változatokat ajánl:

- modul, fogszámok, stb.

Részletes tervezés

- anyagválasztás (anyag adatbázisból),
- alapvető geometriai adatok meghatározása (**2.ábra**), ezek alapján geometriai tervezés, kapcsolódásvizsgálat és feszültség analízis (kapcsolódásból végeselemes módszerrel),
- a csiga és a kerék részletes terve.

A terv ellenőrzése

Ha valamely eredmény nem felel meg, módosítás következik.

CAD rajz készítése

Az eredmények alapján CAD rajz készül a csigáról és a csigakerékről, melyeket adatbázisba mentenek (emlék).

Rapid-Prototyping eljárással modell készítése

Gyártás

- a szerszámok meghatározása, mind a csiga, mind a kerék gyártásához,
- CNC program generálása,
- korongprofil meghatározása (lefejtő CNC program generálás),
- egyéb adatok (pl. csigakerék marás beállítási adatai).

Mérés

A kiinduló adatok alapján adott felület CNC mérése, hibák elemzése és visszacsatolása a gyártási folyamatba (pl. korongprofil, gép- és szerszámbeállítások, stb.)

2. Intelligens automatizálás a csigahajtások tervezésében, gyártásában

A nagyteljesítményű hajtópárok tervezése és gyártása mindig újabb és újabb problémákat vet fel mind a konstrukciós, mind pedig a technológiai tervezés területén. Az egyenes fogú hengeres fogáskerékpároktól kezdve a felhasználói igények növekedésével a legkülönfélébb hajtópár típusok jelentek meg, melyekkel szemben újabb követelményeket támasztottak:

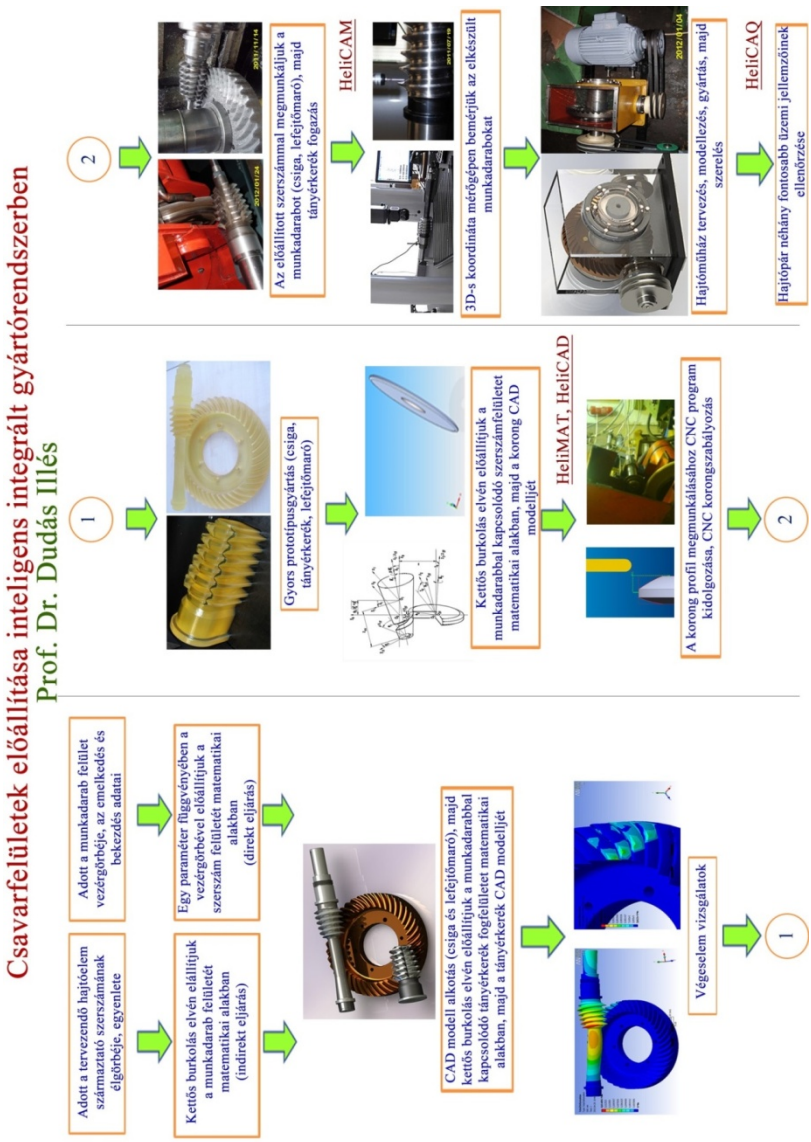
- kinematikai (metsződő tengelyű, kitérő tengelyű hajtások), teljesítménynövelés, zajszintcsökkentés stb [4, 5, 12, 13, 15, 18].

A tervezés és gyártás bonyolultsága az oka annak, hogy e tématerület - csigahajtópárok gyártása intelligens rendszerben - más területek intelligens automatizáltságához képest lemaradt, annak ellenére, hogy a fogazatokat megmunkáló szerszámgépek automatikus üzeműek. Ez a potenciális előny indokolja azt, hogy a terméktervezés, a gyártástervezés és a gyártás többi összetevője is az intelligens automatizálás rendszerében történjen (**3. ábra**) [9, 10, 20].

Bár a teljes tervezés folyamatától elszakadni nem lehet, az alábbi elemek közül csak néhánnyal tudunk e helyen foglalkozni az intelligens automatizálás szemszögéből.

A teljes tervezés folyamata:

- piackutatás, terméktervezés specifikációja, koncepcionális tervezés, részletes tervezés, gyártás
- értékesítés, stb.



2. ábra. *CIM rendszer a csavarfelületek előállítására*

Számítógépes tervező munkahely a munkadarab felület vezérgörbéje, az emelkedés és a bekezdés adataiból kiindulva alkalmas a munkadarabbal kapcsolódó szerszámfelület, mint kétváltozós függvény előállítására **(direkt módszer),** valamint a szerszám legyártásához szükséges CNC korongszabályozó berendezés input adatainak mindenkori generálására. Ezáltal a tervezés és gyártás CAD/CAM integrációja valósul meg, amely CAQ fázissal is kiegészülhet.

A tervező munkahely a CAD fázisban olyan feladat megoldására is képes, amikor

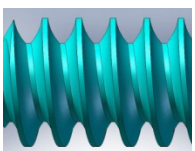
adott a tervezendő hajtóelem (csiga) származtató szerszámának felülete ill. élgörbéje és kettős burkolás elvén előállítandó a munkadarab felülete, mint kétváltozós függvény **(indirekt eljárás).**

A CNC köszörűkorong lefejtő készülék a CAD/CAM CAQ integráció kulcseleme, amely megteremti a CIM rendszerbe építhető köszörű gyártócella létrehozásának lehetőségét. Ennek elvi felépítését a **2. ábra** szemlélteti.

Alapadatok a matematikai elemzésekhez:

Tengelymetszetben körív profilú hengeres csiga kétparaméteres vektor – skalár függvénye [9]:

$$\left.\begin{aligned} x_{1F} &= -\eta \cdot \sin\vartheta; \\ y_{1F} &= \eta \cdot \cos\vartheta; \\ z_{1F} &= p \cdot \vartheta - \sqrt{\rho_{ax}^2 - (K-\eta)^2} \\ t_{1F} &= t_{sz} = 1. \end{aligned}\right\} \text{jobb profil} \qquad (1)$$

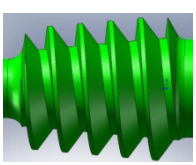


Általános vonalfelületű kúpos csavarfelület kétparaméteres vektor – skalár függvénye [9, 16]:

$$\vec{r}_{1F} = \begin{bmatrix} -B_1 \cdot \sin\vartheta + r \cdot \cos\vartheta \\ B_1 \cdot \cos\vartheta + r \cdot \sin\vartheta \\ u \cdot \sin\beta + p_a \cdot \vartheta \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (2)$$

A fenti általános alak:

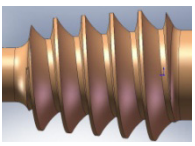
$$\left.\begin{aligned} &r = 0 \quad \text{esetén} \quad \text{archimedesi}, \\ &r = r_a = p_a \cdot \mathrm{ctg}\beta - p_t > 0 \quad \text{esetén} \quad \text{evolvens}, \\ &0 < r = r_D < r_a \quad \text{esetén konvolut csavarfelületet ad.} \end{aligned}\right\}$$



Tengelymetszetben körív profilú kúpos csiga kétparaméteres vektor – skalár függvénye [6,7]:

- előrehajtás oldal:

$$\left.\begin{aligned} x_{1F} &= -\eta \cdot \sin\vartheta \\ y_{1F} &= \eta \cdot \cos\vartheta + p_r \cdot \vartheta \\ z_{1F} &= p_a \cdot \vartheta + \sqrt{\rho_{ax}^2 - (K_e - \eta)^2} \\ t_{1F} &= t_{sz} = 1 \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$



3. Bonyolult felületpárok előállítása holonikus gyártórendszerekben

A holonikus gyártórendszerek információs kapcsolatát mutatjuk itt be a bonyolult felületpárok esetére, a bonyolult felületpárok (kúpos vagy hengeres csigahajtópár) megmunkálására alkalmas holonikus gyártórendszer példájaként. A gyártórendszert egy központi számítógép felügyeli (4. ábra).

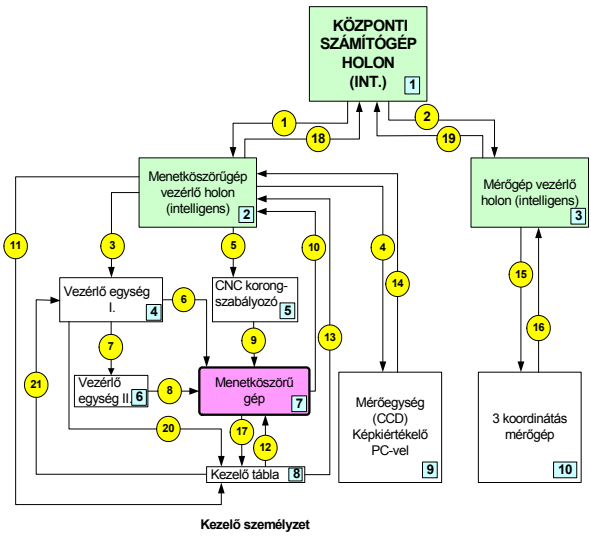
A holonikus gyártórendszerekben megvan a lehetőség a következő előnyök szolgáltatására:

- A holonikus gyártórendszerek képesek a gyors ön rekonfigurációra válaszul a változásra és a bizonytalanságra mely elválaszthatatlan a XXI. századi gyártási környezetben.
- Az emberek szerepe határozottan számításba van véve a holonikus gyártórendszerek architektúrájában, így a vállalatok használhatják az emberek intellektuális képességeit és rugalmasságát.
- Az emberi és a gépi intelligencia holonokká való alakítása és az azokhoz tartozó együttműködő viselkedés lehetővé teszi a „virtuális vállalatok” kiala-

kítását mind a cég határain belül és kívül is.

Továbbá, a holonikus gyártórendszerek jelentik és magukba foglalják a következőket [19]:

– A vállalat különféle **forrásainak integrációja** és rendszerré decentralizációja.
– **Emberi integráció**.
– **Együttműködés**.
– **Modularitás**.
– **Fejlesztés**.



4. ábra. *A helikoid felületek holonikus rendszerének struktúrája [13]*

A **4. ábrán** a struktúra elemeit téglalapokkal szemléltettük, míg a közöttük lévő információs kapcsolatokat (nyílhegyben végződő) folytonos vonalakkal ábrázoltuk. Az elemeket négyzetbe tett számokkal, míg az információs csatornákat körbe írt számokkal azonosítottuk. Az egyes elemek funkciói az információs kapcsolatok vonatkozásában az alábbiak :

Központi számítógép holon 1

– A matematikai modell alapján az aktualizált paraméterek felhasználásával előállítja az elméleti felület egyenletét,
– Előfeldolgozást végez:
  · a menetköszörű gép 7 vezérléséhez,
  · a CNC korongszabályozó 5 vezérléséhez,
  · a 3 koordinátás mérőgép 10 vezérléséhez,
  · a CCD kamerával rendelkező mérőegység 9 részére,
– A köszörűkorong lefejtésének minimalizálása alapján optimalizálja a menetköszörű gép 7 és a lefejtő berendezés mozgásait,
– Feldolgozza a 3 koordinátás mérőgép 10 és a CCD kamerával és képkiértékelő szoftverrel rendelkező mérőegység 9 által szolgáltatott eredményeket, szükség esetén korrekciót hajt végre a menetköszörű gép 7 és a lefejtő berendezés vezérlő egységhez 4 ,
– Elvégzi a szükséges dokumentálásokat.

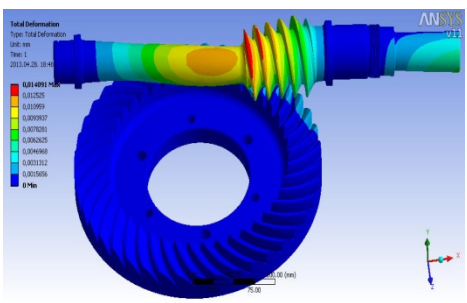
Menetköszörűgép vezérlő holon 2

- a központi számítógép holontól 1 kapott adatok alapján vezérli a menetköszörű gép 7 és a CNC korongszabályozó 5 berendezés mozgását,
- a korongkopást figyelő CCD kamerával és képkiértékelő szoftverrel rendelkező mérőegységtől 9 érkező információkat összehasonlítja a központi számítógép holontól 1 kapott adatokkal és eltérés esetén korrekciót végez.

Mérőgép vezérlő holon 3

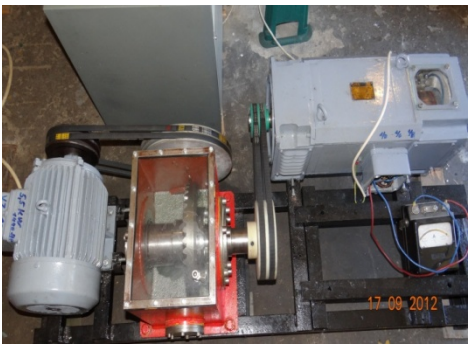
- a központi számítógép holontól 1 kapott adatok alapján (elméleti felület) a szükséges pontokra vezérli a tapintót,
- a mért pontok előfeldolgozását követően az eredményeket a központi számítógép holon 1 felé továbbítja.

Az előbbi fő funkciók a kiemelt elemek esetében mindenképpen intelligens berendezéseket kívánnak meg. Természetesen a központi számítógép holon 1 által végzett előfeldolgozások, eredmény feldolgozások egy része leadható a többi vezérlő felé, amennyiben azok megfelelő intelligenciával rendelkeznek. Holonikus gyártórendszerben ezt a feltételt mind a menetköszörűgép vezérlő holon 2 , mind a mérőgép vezérlő holon 3 teljesíti.



5. ábra. *Tengelymetszetben köriv profilú kúpos csigahajtóár végeselem vizsgálat*

A holonikus rendszer része a végeselem vizsgálat. Az **5. ábra** az általunk tervezett és gyártott ívelt spiroid hajtás deformáció vizsgálatát mutatja.



5. ábra. *Új geometriájú kúpos csiga hatásfok mérés és zaj- és rezgésdiagnosztikai vizsgálat (DifiCAD Kft., Miskolc)*

4. Következtetések

A korábbi kutatásaink eredményeként sikerült egy olyan általános CIM rendszert, illetve holonikus gyártórendszert kialakítani, amelyben típustól függetlenül, bármilyen fogazott kapcsolódó párt, illetve hajtóművet a tervezéstől a megvalósulásig meg tudunk oldani. A lényeges elemek közül a köszörűgép fejlesztése folyamatosan történik, a korongszabályozót, ívelt profilú csigahajtást, a spiroid hajtást, kúpos ívelt csigahajtást szabadalmaztattuk. A rendszer lényegét a DIFI-CAD Mérnökirodánál Miskolcon megépítettük és üzemeltetjük.

A témavezetésemmel készült doktori (Ph.D.) disszertációk kapcsolódnak a témához: [1, 3, 6, 8, 15].

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Balajti Zs.: *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriájának fejlesztése*, Ph.D. értekezés, Miskolc, Miskolci Egyetem, 2007.

[2] Bányai, K., Dudás, I.: *Analysis of the spiroid driving having new production geometry,* Production Process and Systems, A publication of the University of Miskolc, Miskolc, volume 1 (2002), pp. 177-184.

[3] Bányai, K.: *Hengeres csigák gyártásgeometriája és ellenőrzése,* Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1977.

[4] Bercsey, T.: *Toroid hajtások elmélete.* Kandidátusi értekezés, Budapest, 1977.

[5] Orbán, Gy., Bitay, E: *Kitérő tengelyű kúpkerékhajtások egymást burkoló fogfelületeinek meghatározása a főpont figyelembevételével.* Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka II. Románia, 1997.03.21-1997.03.22. ISBN:973-98092-2-7 Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 1997. pp. 105-108.

[6] Bodzás, S.: *Kúpos csiga-, tányérkerék- és szerszám felületek kapcsolódásának elemzése,* Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem, 2014., p. 154., Doktori témavezető: Prof. Dr. Dudás Illés, DOI 10.14750/ME.2014.006

[7] Bodzás, S., Dudás, I., Horváth, R., Dudás, I. Sz., Mándy, Z.: *Measuring and analysis of noise level of a new geometric, arched profile conical worm gear drive in axial section*, Machine Design, Volume 5, Numbers 2, 2013, Novi Sad, Szerbia, pp. 75 – 78., ISSN 1821-1

[8] Csóka, L.: *Csigakerék lefejtőszerszámok gyártásgeometriája,* Egyetemi doktori értekezés, ME, 1990,

[9] Dudás, I.: *The Theory & Practice of Worm Gear Drives.* Kogan Page US, Sterling, USA, 2004. ISBN 1 9039 96619 9.

[10] Dudás, I.: *„Csavarfelületek gyártásának elmélete”.* Akadémiai doktori disszertáció, Miskolc, 1991.

[11] Dudás, I.: *Számjegyvezérlésű köszörűkorong-profilozó berendezés, és eljárás annak szakaszos, illetve köszörülés közbeni folyamatos vezérlésére.* Találmány lajstromszáma: 207 963, 1988. 09. 21. (OTH)

[12] Dudás, I., Drobni, J., Ankli, J., Garamvölgyi, T.: *Berendezés és eljárás főmetszetben ívelt profilú csigahajtópár geometriailag helyes gyártására alkalmas köszörűkorong profilozására.* Szolgálati találmány, szabadalmi lajstromszám: 170118. Szabadalmi bejelentés napja: 1983. 12. 27.

[13] Dudás I., Cser I.: *Gépgyártástechno-lógia IV., Gyártás és gyártórendszerek tervezése 2. kiadás,* Műszaki Kiadó, Budapest, 2010., pp. 339, ISBN 978-963-16-6517-8

[14] Dudás, I., Bodzás, S., Dudás, I. Sz., Mándy, Z.: *Konkáv menetprofilú spiroid csigahajtópár és eljárás annak köszörüléssel történő előállítására*, Szabadalmi bejelentés napja: 2012.07.04., Szabadalmi lajstromszám: 229 818

[15] Dudás, L.: *Kapcsolódó felületpárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elérés modell alapján,* Kandidátusi értekezés, Budapest, TMB, 1991., p.144., 2005. 06. 29.

[16] Hegyháti, J.: *Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben*. Diss. A. TU. Dresden, 1988. p. 121.

[17] Lévai I.: *Fogazatok kapcsolódásának kinematikai elmélete és alkalmazása hipoidhajtások tervezésére,* Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1980. 1/153.

[18] Litvin, F. L., Fuentes, A.: *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, 2004., ISBN 978 0 521 81517 8

[19] Kádár, B., Monostori, L.: *Holonic Manufacturing Systems, Manufacturing Systems with Distributed Intelligence,* Chapter in: Practical Applications of Artifical Intelligence, Ed.: M. Horváth, T. Szalay, Lecture Notes, Gábor Dénes Technical High School, pp. 89 – 102 (In Hungarian)

[20] Molnár J.: *A megmunkáló rendszer elmozdulékonyságából származó megmunkálási hiba meghatározásának kísérleti-analítikai módszere,* Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1969. p.67.

[21] Pálffy K.., Prezenszky T., Csibi V., Antal B., Gyenge Cs., Balogh F.: *Fogazott alkatrészek tervezése, szerszámai és gyártása*, Glória Kiadó, Kolozsvár, 1999.

[22] Su,D., Dudás.I.: Development of an intelligent Integrated System approach for design and Manufacture of worm gears proceedings, 9th International Conference on Tools, 3-5. 09. 1996. Miskolc, Hungary

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 39–46. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.03
http://hdl.handle.net/10598/28641

TUDOMYÁNY FEJLŐDÉSE – GYAKORLATI ALKALMAZÁSOK – GENERÁCIÓS PROBLÉMÁK

DEVELOPMENT OF THE SCIENCES – PRACTICAL APPLICATONS - GENERATION PROBLEMS

Tóth László

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészeti Tanszék, Cím: 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-9-322-690, levelezési cím, laszlo.toth@bayzoltan.hu

Abstract

The structure and the relationships between the members of the society continuously changes. These are strongly influenced by a given ridiculous new technical matters causing any revolution steps. In the history of the human being, they are the followings: textile industry, railway network, automobile, computer and our days the nano-technology. This last one can also be regarded as the revolution of the materialsciences, because this scale serves a common interface for the living and non-living sphere. The quick spreading of the newest scientific results in the wide range is always restrained by the generation problem which is exists naturally. This "restrained-effect" can be reduced by the life-long learning.

Keywords*: development of sciences, practical applications, driving forces of revolutions, nantechnology, revolution of the material sciences, generation problems, life-long learning*

Összefoglalás

A társadalmi struktúrát, az emberek egymáshoz való viszonyát folyamatosan alakítják az egyes jelentősebb tudományos felfedezések és ezek gyakorlati alkalmazása. Az emberiség történelmében ilyenek voltak: a textilipar, a vasúti közlekedés, a gépkocsi megjelenése, a számítástechnika, és jelenleg a nanotechnológia. Ez utóbbi úgy is tekinthető, mint az anyagtudomány forradalma, hiszen ezen a méretskálán találkozik az élő és az élettelen világ. A legújabb eredmények robbanásszerű terjedését azonban mindig és minden korban fékezi az egyes nemzedékek természetes generációs problémái, amely csupán a folyamatos képzéssel csökkenthető.

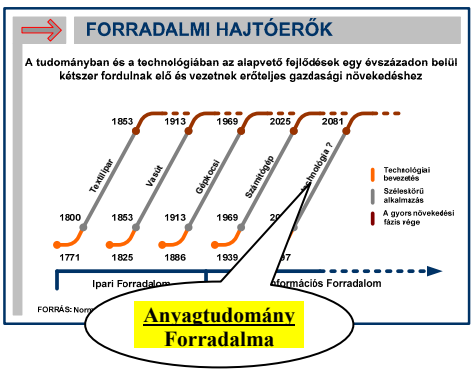
Kulcsszavak: *tudomány fejlődése, gyakorlati alkalmazás, forradalmi hatóerők, nanotechnológia, anyagtudomány forradalma, generációs problémák, életen át történő tanulás*

1. Bevezetés

A társadalmak, a tudományok, az emberi kapcsolatok fejlődését tekintve nagyon igaz az a mondás, hogy *„Tekints a múltba és meglátod a jövőt"!* Ezt a gondolatot sokszor, sokféleképpen, sok kiváló ember fogalmazta meg. Bennem, életszemléletemben ez a mentalitás a Cambridge, King College könyvtárában olvasott következő mondat során gyökerezett meg igazán „***It has been said that, no man is civilised or mentally adult until he realises that the past, the present, and the future are indi-***

visible.” miközben Newton eredeti anyagait nézegettem.

Mindig voltak, vannak és lesznek olyan műszaki indíttatású eredmények, amelyek teljes egészében átalakítják a gazdaság struktúráját és ezen keresztül a társadalmi viszonyok kapcsolatrendszere is alapvetően megváltozik. Az elmúlt 5-6 generáció életét gyökeresen megváltoztató un. „forradalmi hajtóerőket” az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra. *A gazdaságot, társadalmat átformáló műszaki alapú hajtóerők*

1.1. A forradalmi hajtóerők okozta változások

Az átalakulás, a fejlődés forradalmi hajtóerői a következőket eredményezték:

- a *textilipar* felfutásával megjelent a társadalmakban az új réteg, amely a ***munkásosztály*** lett és kialakultak sajátos problémáik,
- a *vasúti közlekedés* széleskörűvé válásával megvalósult az egyén, az árúk nagy tömegének ***menetrend-szerű mozgatása***,
- a *gépkocsik* nagytömegű megjelenésével megvalósult az egyének, az árúknak, az ***önálló elhatározáson nyugvó mozgatása***,
- az *információs technológia* kiala-kulása új távlatokat és lehetőségeket nyitott a ***globalizációban***,
- a *nano-technológia* megjelenésével megkezdődött az ***anyagtudomány forradalma,*** *ami lehetővé teszi az élő- és élettelen anyagok egységes rendszerben történő kezelésének megvalósítását.*

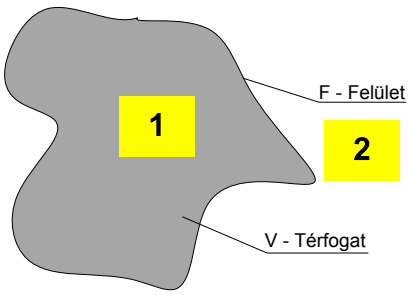
A fentiekből számos dolog direkt módon következik, amelyek közül a következőket mindenképpen ki kell emelni, ki kell hangsúlyozni:

- a forradalmi változások végbemen-nek a megvalósítási, a gyártási struktúrákban, de igen jelentős társadalmi hatásuk van,
- átstrukturálódnak a társadalmi érté-kek, kapcsolatok, a végzett munka értékrendszere,
- minden generációnak szembesülnie kell életében legalább egy ilyen mértékű változással, eseménnyel, és fel kell készülnie az új struktúrában betöltendő szerepére, pozíciójára,
- a fiatal korban megvalósuló képzés során szerzett ismeretek folyamato-san avulnak, az öregedéssel egyide-jüleg nyílik a az olló a „fiatal korban szerzett” és az „aktuális” ismeretek között, azaz a generációs problémák természetszerüleg jelentkeznek.

2. Az anyagtudomány forradalma

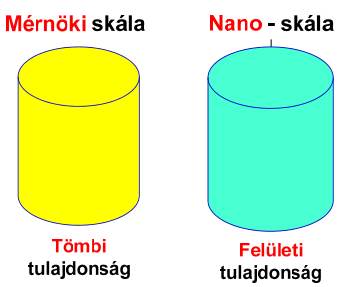
Maga az ***„anyagtudomány”*** kifejezés értelmezése rendszerint vitára készteti a szakembereket, hiszen szinte törvényszerű-en mindenki a maga saját szakmai kompe-tenciájával, maga „szemüvegén” keresztül közelít a fogalom értelmezéséhez [1-8], legyen az a Magyar Nyelv Értelmező szótá-ra szerkesztő bizottságának tagja, avagy a filozófia szakembere, vagy éppen fémkohá-szattal foglakozó oktató. Ugyan-ezen sokré-tűség, eltérő szemlélet tükröző-dik a legkü-lönbözőbb nyelvekben (angol, német, orosz) megfogalmazott „anyag” definiciókban is. Ha viszont egy általános emberi gondolkodásból indulunk ki, akkor viszonylag hamar eljuthatunk a lényegi megállapításokhoz. Mindig, mindenkor,

minden, tömeggel és struktúrával rendelkező anyag úgy tekinthető, mint ***valamilyen tömegű térrész***, amelynek van ***térfogata*** és ***felülete***. Anyag definíciójaként tekinthető az, hogy az 1-es és 2-es térrész legalább egy, a tömeget, struktúrát jellemző mennyiségben különbözik egymástól. Ezt szemlélteti a **2 ábra**.



2. ábra. *Az „anyag”-fogalom egy lehetséges definíciója*

Ha a tulajdonságokat kíséreljük meg definiálni, akkor megadhatók térfogatot jellemző viselkedések, és a környezettel való kapcsolatot biztosító felületi jellemzők, tulajdonságok. Az előbbieket, a ***tömbi tulajdonságokat*** értelmezi és hasznosítja a „mérnök”, az utóbbiak, a ***felületi tulajdonságok*** pedig bármilyen folyamatban, kölcsönhatásban (beleértve az élettelen és élő anyagok kapcsolatát is) töltenek be meghatározó szerepet. Ezt illusztrálja a 3. ábra.



3. ábra. *Az anyagok meghatározó tulajdonságai a mérnöki- és a nanoskálán*

A fenti megállapítás könnyen belátható, ha egy gömb felületének és térfogatának arányát vizsgáljuk. Ekkor ugyanis

$$Felület/Térfogat = 4R^2\pi \;/\; (4R^3\pi/3) = C/R$$

A tulajdonságok érvényesülésének szerepe a méretskála figyelembevételével pedig jól követhető a következő módon:

$$R \Rightarrow \infty, Felület/Térfogat \Rightarrow 0$$
$$R \Rightarrow 0, Felület/Térfogat \Rightarrow \infty$$

Az első esetben, azaz a ***méretek növekedésével a tömbi***, míg a ***méretek csökkenésével a felületi tulajdonságok*** lesznek meghatározók az anyag viselkedésében!

A nanotechnológia (a nano-méretskálán megvalósuló reprodukálható tevékenységet, gyártást biztosító eljárássorozat) megjelenése az élettelen természet világában ***„kommunikációs felületet”*** hozott létre az ***élő- és élettelen világ anyagai között.***

Ha csupán nagyon röviden tekintjük át a nanotechnológia kialakulását és fejlődésének [9-14], egyes lépéseit, akkor a következő – teljesen önkényes – esemény- és idősor emelhető ki:

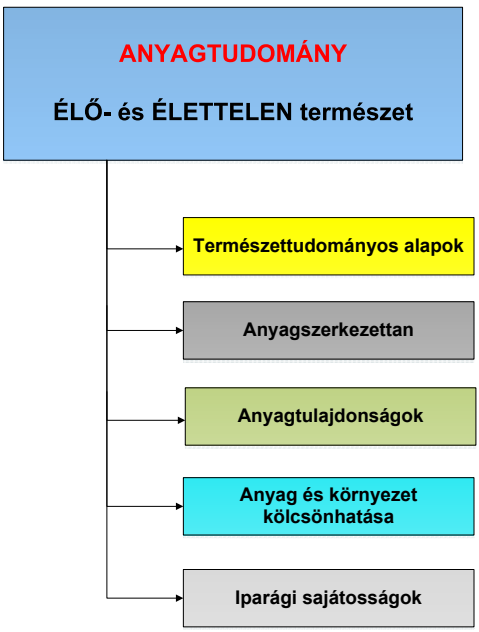
- **1974** AVIRAM és SEIDEN (IBM) első szabadalmi bejelentése a molekuláris elektronikai eszközre,
- **1981** Hienrich ROCHER és Gerd Karl BINNING felfedezik a pásztázó alagút-mikroszkópot (Nobel-Díj1986),
- **1985** Richard SMALLEY, Robert CURL, Harold KROTO felfedezi a 60 C- atomból álló kalickaszerű térbeli elrendezést (Nobel-Díj 1996), amit fullerénnek neveznek el (Buckminster FULLER, matematikus, építész, költő emlékére),
- **1986** Az atomerő-mikroszkóp felfedezése,
- **1986** K. Erik DEXTER publikálja az Engines of Creation c. könyvét (nanotechnológia; előnyök-veszélyek),
- **1991** Többfalú szén-nanocső felfedezé-

se,
- **1993** Egyfalú szén-nanocső felfedezése,
- **1993** Az első Nanotechnológiai Laboratórium alapítása (USA, Rice Egyetem, vezetője: Richard SMALLEY),
- **1997** Madrian SEEMAN megmutatja, hogy a **DNS** a nanomechanikai eszközök alapvető építőköveként használható (New-Yorki Egyetemen),
- **1999** Mark REED és James TOUR létrehozza az első szerves molekulából felépített kapcsolóeszközt (Yale Egyetem),
- **2003** Nanohuzal alapú lézerek létrehozása).

Napjaink hihetetlen mértékű fejlődését jól tükrözi néhány önkényesen kiválasztott címszóval végzett „google-keresés" eredménye is:

– Nanotechnológia:	0,29 sec	84.800
– Nanotechnika:	0,25 sec	6.830
– Nanotechnology:	0,24 sec	25.400.000
– Nanotechn. news:	0,18 sec	5.650.000
– Nanotechn. book:	0,43 sec	4.830.000
– N.te everyd. life:	0,24 sec	336.000

Visszatérvén az **1. ábrá**ra azt mondhatjuk, hogy az ipari forradalmat az információs forradalom követte és napjainkban az ***anyagtudomány forradalma zajlik***. Ennek hatása természetszerűleg megjelenik minden területe, ahol anyagokat használnak, ahol anyagok léteznek. A „Britannica Hungaria" megfogalmazása szerint: *„az anyag, anyagi szubsztancia, belőle áll a megfigyelhető világegyetem. Az energiával együtt minden objektív jelenség alapja"*. Ebből adódóan az anyagtudomány, mint diszciplína egyaránt magába foglalja a ***tömbi*** és a ***felületi tulajdonságokat.*** Az anyaggal kapcsolatos folyamatokat pedig ugyanúgy felosztja az anyagban (a térfogatban) végbemenő és a felületen keresztül lejátszódó folyamatokra. Ilyen aspektusból a különböző anyagok között érvényesülő folyamatok anyag-anyag köl-csönhatásaként értelmezhetők. Ebből a szemszögből nézve az anyagtudomány értelmezési köre lényeges bővül, hiszen a mezőgazdasági, az élettudományi, gyógy-szerészeti, orvostudományi, közegészség-ügyi, környezetvédelmi, stb. kérdéskörök számottevő része anyag-anyag kölcsönha-tásaként értelmezhető. Ezt figyelembe véve bárhol a világban, bármelyik országban az anyagtudomány meghatározó centrumai ott alakulhatnak ki, ahol a legtöbb tudomány-terület megtalálható és azokat nemzetközi téren is elfogadott szinten művelik. Ez mindenképpen a jövőben egyrészt az egyetemek, felsőoktatási intézmények ösz-szefogását és újra-struktúrálását fogja meg-indítani annak figyelembevételével, hogy az „anyag" foglomhoz milyen ismerethal-mazok kötődnek. Ezt fogja rendszerbe a **4. ábrá**n látható séma.

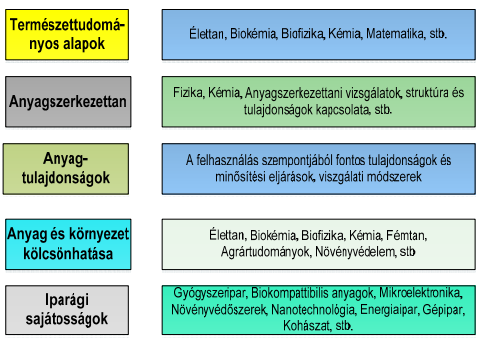


4. ábra. *Az „anyagtudomány" kifejezésben érintett témakörök*

Természettudományos alapok nélkül még csak gondolni sem lehet modellek felállításáról, de minden anyagnak van vala-

mi-lyen szerkezete, struktúrája, a felhasználás szempontjából lényeges tulajdonsága, környezetével valamilyen kapcsolatba lép, arra hathat valamilyen formában (pl. gyógyszer, növény védőszer, stb.), vagy a környezete által károsodhat, azaz a felhasználási tulajdonsága romolhat, és végül az egyes iparágak a különböző felhasználási tulajdonságú anyagokra szakosodott technológiákat kidolgozták.

Amennyiben a jelenlegi oktatási struktúrákban oktatott tantárgyakat, ismereteket tekintjük, akkor azok szinte kivétel nélkül beilleszthetők a szélesebb értelemben vett anyagtudomány témakörébe, azaz egyáltalán nem az oktatási paletta szűkítéséről, hanem a fókuszálásról és célirányosabb csoportosításáról beszélhetünk. Ezt érzékelteti az **5. ábra**, ahol vázlatszerűen összefoglalásra kerültek azon ismeretek, amelyek különböző formában, tantárgycímek alatt napjainkban is szerepelnek a hallgatók különböző kurzusaiban.



5. ábra. *Az anyagtudományban szerteágazóan érintett és különböző kurzusokban oktatott tantárgyhalmaz*

Az ismerethalmazok fenti csoportosítása, áttekintése lehetővé teszi azt, hogy meglevő oktatási struktúrák folyamatos bővítésével, kiegészítésével értelemszerűen a legkisebb befektetésekkel meghonosíthatók és bővíthető legyen bármelyik ország jövőben kialakuló anyagtudományi centrumai.

3. Generációs problémák

A generációs problémák megjelenése a tudomány folyamatos fejlődéséből és a fiatal korban kapott képzés, oktatás során szerzett készségek időbeni eltávolodásából, elszakadásából ered. Ez sajnos törvényszerű. Ha a futó képzések során olyan *készségek elsajátítására* is sor kerül, amely bármikor hasznosítható, akkor a generációs problémák mértéke csökkenthető. Nézzünk erre egy egyszerű, de szemléletes példát a mérnöki szerkezetek biztonságos üzemeltethetőségi feltételeinek kijelölése kapcsán.

Napjaink egyik ilyen generációs problémáját a *számítástechnika* robbanás-szerű fejlődése idézte elő. Az új eszközök és szoftverek az élet minden területén új lehetőségeket teremtettek, de ezekkel a lehetőségekkel nem egyformán képes élni mindenki. Általánosságban el lehet mondani, hogy minél fiatalabb korban ismerkedik meg valaki az új technológiával, annak inkább képes annak teljes értékű használatára. Az idősebb generáció részéről gyakran tapasztalható akár teljes mértékű elutasítás is a fiatalok számára már természetes újdonságokkal kapcsolatban, és a jól bevált módszerekhez való görcsös ragaszkodás.

Az informatika fejlődése nyomán bekövetkező egyik lényeges változás, hogy a ***matematika*** a hozzáértők privilégiumá-ból az alkalmazók eszközévé vált az informatikai eszközök mindennapi használói számára. Persze az átlagos felhasználóban ez általában nem tudatosodik, hiszen a matematikai tudás „be van építve”, nem kell tudni róla, mint ahogyan a járműve-zetőnek sem kell ismernie az autója elektromos rendszerét ahhoz, hogy az ez-által biztosított lehetőségeket megfelelően használja.

A matematikai szoftverek elterjedése egy különleges vonulata az IT térnyerésének, mivel a számítási lehetőségek kibővülése teljesen átalakította a gondolkodásmódot, lehetővé vált az elméleti eredmények „apró pénzre” váltása, a gyakorlati

életben fellépő problémák megoldása azáltal, hogy a munka „nehezét” a számítógép végzi a betáplált algoritmusok futtatásával.

A műszaki életben igen nagy gazdasági jelentőséggel bír, hogy célszoftverek segítségével elfogadható költséggel meg lehet válaszolni *„mi van akkor, ha …?”* típusú kérdéseket, hatékonyan lehet elemezni alternatív műszaki megoldásokat, és kiválasztani a lehető legmegfelelőbbet.

A szoftverek többségénél rejtve marad a matematikai háttér, a probléma megfogalmazásakor, és a szoftver által prezentált eredményben is a műszaki tartalom az elsődleges (ilyenek például a CAD vagy a VEM rendszerek). Vannak azonban olyan problémák, melyek a matematikai eszközök közvetlen alkalmazását igénylik. Ilyen esetekben a matematikai szoftverek jelentik a megoldást, de ehhez szükséges, hogy a mérnök tisztában legyen a lehetőségekkel, és rendelkeznie kell a minimális gyakorlattal, amire építhet a munkája során.

Ezért a műszaki matematika oktatása során be kell vezetni a matematikai szoftverek használatát, és az elméleti alapok mellett meg kell követelni a szoftverek alapszintű ismeretét. Ha egy mérnök tisztában van a szoftverek által kínált lehetőségekkel, és kellő gyakorlatot szerez ezek használatában, akkor a munkája során nem „fél” a számítógép által elvégzett számításokra hagyatkozni, a jelenségek leírása számára nem puszta egyenletekként jelennek meg, hanem a megoldások keresésének természetes módjává válik.

A mikoelektronika robbanásszerű fejlődése magával hozta a mérnöki szerkezetek felülvizsgálata során alkalmazott eszközök ugyancsak robbanásszerű fejlődését. Ennek egyenes következménye az, hogy egyre kisebb és kisebb méretű anyagfolytonossági hiba egyre pontosabban és pontosabban, egyre reprodukálhatóbb módon detektálható. Az anyagfolytonossági hibákat repedésként modellezve a hatásuk különböző mechanikai megfontolásokkal mérlegelni lehet értelmes kérdések megválaszlásával. Ilyen kérdések lehetnek például:

- Mennyire veszélyes ez a repedés?
- Mennyire érzékeny ez a repedés a repedés detektálása során alkalmazott módszerek megbízhatóságára?
- Milyen lesz a kritikus, a törést okozó repedés mérete?
- Hogyan változik ez a kritikus repedéshossz a repedésterjedéssel szembeni ellenállás, mint anyagjellemző megbízhatóságával?
- A számítási eredmények mennyire érzékenyek a geometriai, a terhelési és anyagi paraméterekre, azaz milyen lehetőségek vannak a biztonság növelésére?
- Ha a terhelés ciklikus, akkor mennyi a maradék élettartam, a berendezés üzemeltethető-e tovább, avagy nem? Ha igen milyen paraméterekkel, ill. milyen lehetőség van a biztonság növelésére?

A kérdések sorozatát lehetne feltenni, amelyeknek mindig és mindenkor igen jelentős gazdasági következményei vannak.

A gyakorlati példák sorozatát lehetne sorolni, melyekkel összefüggés mindig igaz, hogy

- A korábbi felülvizsgálatok során hibamentesnek vélt szerkezetekben egyre nagyobb valószínűséggel anyagfolytonossági hibákat észlelhetünk, amelyek vagy az üzemeltetés során keletkeztek, vagy az észlelési technika fejlődésével váltak érzékelhetővé.
- Ha egy hibát észleltek, akkor nyilatkozni kell annak veszélyességéről, és meg kell válaszolni azt a kérdést, hogy „üzemeltethető-e tovább a szerkezet vagy nem, ha igen akkor változatlan paraméterekkel, vagy milyen feltételekkel?”

A műszakilag megalapozott döntések csak igen sok számítással alapozhatók meg a törésmechanikai elvek alkalmazásával [15-17] bonyolult függvények integrálására,

deriválására, ábrázolására, zérushelyek keresésére van szükség. Ebben a folya-matban a számítástechnika olyan eszköz, amely nélkül meg sem kísérelhető a műsza-kilag megalapozott válasz megfogalmazása.

A generációs problémák pedig éppen ekkor jelentkeznek! Az időseb, általában már vezetői szintű generáció még nem is gondol arra, hogy az előzőkben felvetett kérdések megválaszolhatók, nemhogy ő maga adja meg a választ a számítások elvégzésével (az összetett, néha több sort, oldalt kitevő függvények deriválásával integrálásával, zérushelyek keresésével, stb.).

A Debreceni Egyetem Műszaki Kara, a Műszaki Alaptárgyi Tanszékének az elmúlt időszakban sokat tett a jövőbeni generációs problémák csökkentésére. A matematikai tárgyak keretében (elsősorban a matematika utolsó félévében) műszaki tartalmú projekt feladatokat adnak ki, amit a hallgatók szoftverek segítségével oldhatnak meg. A projekt feladatok úgy vannak meghatározva, hogy a megoldás során sok számolási lépést kelljen végrehajtani, és azok több matematika témakört érintsenek. A hallgatók a saját szakjukhoz közel álló példák megoldása során szívesebben és mindenképpen eredményesebben tudják áttekinteni a matematikai ismereteket, ami a szigorlatra való felkészülést is jelentősen megkönnyíti. A szoftverek ismerete megte-remti a matematikai módszerek alkalma-zásának lehetőségét is a később sorra kerülő műszaki tárgyakban.

A matematikai szoftverek alkalmazására épülő projektfeladatok ötlete a gépészmérnöki szak törésmechanika című tárgya keretében kialakult gyakorlatból ered. A törésmechanika tárgy nagy létszámú (50-100 fős) kurzusain az utóbbi félévek során igen kedvező tapasztalatokra tettünk szert az alábbi eljárást illetően: a kurzus első néhány gyakorlata a matematikai szoftverek elérhetőségéről, alkalmazási lehetőségéről szól (néhány kiválasztott szoftver esetén részletekbe menően tárgyaljuk a szükséges számolási eljárások megvalósításának módját), ez után a kurzus hallgatói levizsgáznak az általuk választott szoftverből egy olyan teszt meg-írásával, mely a későbbiekben szükséges számolási technikákat tartalmazta, így „licencet” szereznek a továbblépésre. Ez után mindenki egyéni feladatot kap, melynek kidolgozása után prezentáció formájában beszámol a műszaki probléma megoldásáról, a következtetésekről, és az alkalmazott matematikai eszközökről.

3. Következtetések

A közleményben, előadásban érintett témakörök lényegi megállapításai két témakör, az ***„anyagtudomány”*** és a ***„generációs problémák”*** köré csoportosíthatók.

Az „***anyagtudomány”*** témaköréhez kötődően megállapítható, hogy

- A gazdaságot, társadalmat korábban gyökereiben átalakító ipari, információs forradalmakat napjaink-ban az anyagtudomány forradalma követi, amelyben az élettelen természetben megjelent nano-technológiai eszközrendszer az élő- és élettelen természet anyagai között inter-fészt teremtett meg. Ezzel a nano-skálán az élő- és élettelen természet anyagai egy új, tágabb értelmű anyagtudományi diszciplínában értelmezhetők.
- Az anyagtudomány értelmezési köre lényeges bővül, hiszen a mezőgazdasági, az élettudományi, gyógyszerészeti, orvostudományi, közegészségügyi, környezetvédelmi, stb. Kérdéskörök számottevő része *„anyag-anyag kölcsönhatásaként”* értelmezhető.
- Az egytemek meglevő oktatási struktúrája lépésről-lépésre az *„anyag-anyag kölcsönhatásra”* alapozott „anyagtudomány” egyes szektorainak irányába, azok lefedésére orientálhatók. Ezt figyelbe véve minden egyes országban anyagtudo-mányi centrumok

kifejlesztése joggal prognosztizálhatók.

A ***generációs problémákhoz*** kötődően megállapítható, hogy

- A matematikai ismeretek mindennapi használatát természetes generációs problémák korlátozzák, gátolva ezzel a jelenségek, műszaki kérdések megalapozott, *„mi van akkor, ha ?”* szemléletű elemzését.
- A műszaki-természettudományos területeken indokolt az oktatást úgy átalakítani, hogy a matematika a hozzáértők privilégiumából az alkalmazók eszköze legyen.
- A matematika oktatásába az elvek ismertetése mellett be kell vezetni a szoftverrendszerek készségszintű használatát és ezek elsajátításáról az oktatás, vizsga keretében meg kell győződni (a „licenc” megszerzése kötelező, a vizsga előfeltétele).
- A műszaki tárgyak széles körében az „alkalmazásszintű matematikára alapozott, egyéni feladat orientált” képzési tematikát célszerű kidolgozni és bevezetni

Szakirodalmi hivatkozások

[1] *Magyar Nyelv Értelmező Szótára*. Akadémiai Kiadó, Budapest

[2] Prohászka J., *Anyagtudomány, anyagtechnológia, anyagtulajdonságok.* Műszaki Tudomány, 56 (1978) 270–293.

[3] Prohászka J., Tóth L., *Anyagtudomány, mint műszaki tudomány.* BKL Kohászat, 130 (1997:10–12) 336–341

[4] Bárczy P., *Anyagismeret*. Tankönyv-kiadó, Budapest, 1990.

[5] *Britannica Hungaria*, 1. Kötet.

[6] *Magyar Nagylexikon*, 2. Kötet,

[7] Keller H., Erb U., *Dictionary of Engineering Materials*. Willey-Interscience.

[8] Webster’s New Encyclopedic Dictiona-ry, 1996.

[9] Csanády A., Kálmán E., Konczos G. *Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába*. MTA Kémiai Kutatóközpont, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.

[10] Mojzes I., Molnár L. M., *Nanotechnológia*. Műegyetem Kiadó, 2007.

[11] Gyulai J., *Az anyagtudomány és az anyagtechnológiák trendjei*. MTA-MAB Klub előadásai, Miskolc, 2000.02.04.

[12] Gyulai J., *A jövő anyagai: A nanoanyagok.* MTA-MAB Klub előadásai, Miskolc, 2004.01. 22.

[13] Gyulai J., *A nanotudománytól a nanotechnológiáig*. Magyar Tudomány ünnepe, Miskolc, 2011.11.05.

[14] Gyulai J., *A Moore törvény érvénye-sülése – napjainkban*. MTA EETB Tudományos ülése „Új irányok…” Budapest, 2013.05.15.

[15] Tóth L.: *Fracture Mechanics – Past, Present and Future*. Felkért Plenáris Előadás. 10th International Conference. Structural Integrity of Welded Structu-res. July, 11-12, 2013. Timisoara, Romania.

[16] Tóth L.: *Everyday Fracture Mechanics and Generation Problems*- Summer Shools are Needed. 13th Summer School on Fracture Mechanics. Trzebnica, 3-6th September

[17] Kocsis I., Tóth L., Vámosi A., Deák K.: *A matematikai szoftverek szerepe a mérnöki problémamegoldás átalakulásában*. Informatika a felsőoktatásban 2014 konferencia. Debrecen 2014.08. 27-28.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 47–50. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.04
http://hdl.handle.net/10598/28596

TELEPHELY VÁLASZTÁSI FELADAT MEGOLDÁSA AZ AIMMS MODELLEZŐ RENDSZERREL

SOLVING A SITE SELECTION PROBLEM WITH THE AIMMS MODELLING SYSTEM

Ágoston János

Kecskeméti Főiskola GAMF Kar, Cím: 6000, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10; Telefon: +76-516-300, Fax: +76-516-399, agostonjanos@gmail.com

Abstract

We discuss the site selection problem of the AT & T telecommunications company, and solve it using the AIMMS modeling system. In addition, we describe the AIMMS modeling system and its structure, operation and customization. We introduce the variables and mathematical formulas used in the optimization. The telemarketing industry is mentioned together with AT & T telecommunications company history.

Keywords: *optimization, modeling, telemarketing, telecommunications, site.*

Összefoglalás

A projektfeladat az AT&T Telekommunikációs cég telephely optimalizálását mutatja be az AIMMS modellező rendszerrel. A projekt bemutatása mellett kitérünk az AIMMS modellező rendszerre, annak működésére, felépítésére és a felhasználó által testreszabhatóságára. Bemutatjuk az optimalizálás során használt matematikai változókat és képleteket. A tanulmány során még említést nyer a telemarketing és a telekommunikáció és az AT&T Telekommunikációs cég története.

Kulcsszavak: *optimalizálás, modellezés, telemarketing, telekommunikáció, telephely.*

1. Telemarketing

A telemarketing telefonon keresztüli marketing tevékenység, ami lehet adatbázis frissítés-építés, marketingkutatás, direktmarketing kommunikáció illetve telefonos ügyfélszolgálat. A telemarketing előnye az, hogy interaktív és rendkívül költséghatékony és alkalmas azonnali információgyűjtésre, illetve a telefonos lefedettség miatt nagy hatékonyságú. A hátránya, hogy nagy a fluktuáció a telemarketinges munkaerőpiacon és a garanciális feltételek nehezen teljesíthetőek. A telemarketing évekkel ezelőtt egy fejlődő iparág volt, hiszen fejlődő társadalmunk legnagyobb igényét, az emberek kényelmét szolgálta ki. Azonban manapság már nem telefonon, hanem weboldalakon keresztül történik a marketing tevékenység nagy része.

1.1. Fluktuáció

A szervezetből távozott munkatársak pótlására felvett munkatársak százalékos aránya az átlagos állományi létszámhoz képest, 12 hónapos időintervallumra vetítve.

2. AT&T Telekommunikációs cég

A cég története 1875-ig nyúlik vissza, ugyanis ekkor találta fel Alexander Graham Bell a telefont. Az AT&T a 19. század folyamán a Bell System anyavállalatává vált. Ebben az időkben még nem volt nehéz monopolhelyzetbe kerülni, csak az AT&T volt jelen a telekommunikációs piacon. 1880-ban az American Bell vezetősége létrehozott egy távolsági telefonbeszélgetéssel foglalkozó üzletágat – ez később AT&T Long Lines néven vált ismertté. Az új üzletág célja egy országos távbeszélő-hálózat létrehozása volt, egy kereskedelmileg és pénzügyileg életképes költség-struktúra kiépítése által. Ezt az üzletágat hivatalosan is egy különálló cégbe vitték be 1885. március 3-án, és ezzel megalakult az American Telephone and Telegraph Company, vagyis az AT&T. New Yorkból indulva a hálózat 1892-re elérte Chicagót. Ezt a monopolhelyzetet az állam nem sokáig tűrte és 8 kisebb vállalatra bontotta. Három kisebb vállalat megalapította az SBC Communicationst, amely viszont 2005 – ben visszavásárolta a kisebb vállalatokat, amelyekre szétbontották az AT&T-t. A régi új nevet ismételten 2005. november 18-tól használhatja a cég hivatalosan is. Ez a vállalat 2010-ben a 7. legnagyobb vállalat volt az Egyesült Államokban, közel több mint 100 millió ügyféllel.

3. Telephely optimalizálás feladat leírása

A cél az AT&T cégnek az irodáit elhelyezni optimálisan és költséghatékonyan, illetve a munkavállalók optimális idő és helybeli foglalkoztatásának optimalizálása. További cél még a megoldandó problémához tartozó függvények megírása, illetve a modell felépítése a meglevő adatok felhasználásával[1][2]. Az optimalizálást az AIMMS modellező szoftver segítségével oldottuk meg.

4. AIMMS modellező rendszer

Az AIMMS modellező és optimalizáló szoftver, melyet a cégek világszerte használnak. Ilyen cégek például: Avon, Shell, Esso, Nokia, LG Display. A szoftver legfontosabb része a modellépítő modul, amelyben matematikai modelleket lehet létrehozni. A modellben szereplő halmazok, paraméterek, változók és egyenletek és egyéb elemek, valamint ezek tulajdonságai egy könnyen kezelhető és átlátható fa-struktúrában vannak tárolva és megjelenítve. Nem csak matematikai modellek, hanem programrészletek, úgynevezett procedúrák létrehozása is lehetséges. A szoftverben használt programozási nyelv hasonlóságot mutat más programozási nyelvekkel, legfőképp a C++ nyelvvel. Az AIMMS – ben a modellépítést és a hibakeresést nagyban megkönnyíti a beépített Debugger és Math Program Inspector. A modellek megoldását a legkorszerűbb, külső fejlesztésű csatolt szoftverek végzik, ilyenek például CPLEX, CONOPT, KNITRO, amelyekkel bonyolult, a valóságos életben használt méretű és komplexitású matematikai modellek optimalizálhatók. A grafikus felület a szoftver fő erőssége. A felület készítését sablonok teszik még egyszerűbbé. Ezen felül menü és eszköztár is könnyen csatolható a felhasználói oldalakhoz. Maga a grafikus felület interaktív, könnyen és egyedien alakítható. A felépített program nem szükséges, hogy rendelkezzen saját adatbázissal mivel fejlett esetkezelőt tartalmaz, de egyébként minden adatbázissal kompatibilis, köszönhetően a beépített szabvány adatcsatolásnak (ODBC, XML). Az adatokat importálhatjuk és exportálhatjuk Excel táblákból/táblákba.

5. Telephely optimalizálás AIMMS modellező rendszerrel

Az optimalizálást az adatok bevitelével kezdjük, az AIMMS modellező rendszer Edit mode – jában. A szoftverbe meg kell adni a Set, Parameter, Variable, Constraint –eket. A Set-ek index halmazok. A Parameter-ben megadjuk az adott adatokat. A Variable-ben a változókat deklaráljuk, az adatok itt változnak a számítások hatására. A Constraint-ben a számításokat végezzük el.

5.1. Indexhalmazok

- Irodak: az „Irodak” halmaz tartalmazza a városneveket ahol a bérbe vehető irodák elhelyezkednek. Az „i” futóindex egy tetszőleges irodát jelölhet;
- Korzetek: A „Korzetek” halmaz tartalmazza a távhívási körzetek azonosítóit. A „k” futóindex tetszőleges körzetet jelölhet.

5.2 Adatok

	Tavhivasi_dijak									
	Selkirk	Brandon	St Hyac	St Rich	St Jer	Cornwall	Sault Ste	Shaw	Drum	Sydney
204	9.2	9.2	12.4	12.4	12.4	11.8	11.8	12.4	12.4	12.4
250	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
306	11.8	11.8	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
403	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
416	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	10.9	11.8	11.8	12.4
418	12.4	12.4	10.9	10.9	10.9	11.8	11.8	10.9	10.9	12.4
506	12.4	12.4	11.8	11.8	11.8	12.4	12.4	11.8	11.8	11.8
514	12.4	12.4	7.8	7.8	7.8	11.8	11.8	10.9	10.9	12.4
519	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	10.9	11.8	11.8	12.4
604	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	10.9	11.8	11.8	12.4
613	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.6	10.9	11.8	11.8	12.4
705	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	11.3	11.8	11.8	12.4
709	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	11.8
807	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	10.9	11.8	11.8	12.4
819	12.4	12.4	10.9	10.9	10.9	11.8	11.8	10.6	10.6	12.4
902	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.8
905	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	10.9	10.9	11.8	11.8	12.4

1. ábra. *Távhívási díjak városokra és körzetekre lebontva. A sorok a körzetek, az oszlopok a városok[1][2].*

- Berletdij(i): az egyes irodák éves bérleti díja;
- Oraber(i): a dolgozók órabére az egyes irodák helyszínein;
- Hivasszamok(k): az egyes körzetekből érkező hívások száma;
- Tavhivasi_dijak(k,i): egyes körzetekből egyes városokba távhívások óradíja;
- Max_dolgozo(i): a férőhelyek száma egyed irodákban.

2. ábra. *Deklarálva van a Set, Parameter, Variable, Constraint[1][2].*

5.3. Döntési változók

- Berek_e(i): bináris változó, ami azt mutatja meg, hogy az irodák közül melyeket vesszük bérbe;
- Dolgozok_db(i): az egyes irodákba felvett dolgozók száma;
- Hivas_atiranyitas(k,i): megmutatja, hogy hány hívást irányítunk a k körzetből az i-edik irodába;
- Teljes_berletdij;

sum[i, Berletdij(i) * Berel_e(i)]

– Teljes_dolgozober;

$$sum[i, Oraber(i) * Dolgozok_db(i)] * 24 * 365$$

– Teljes_hivaskoltseg: a teljes távhívási díj;

$$sum[(k, i), Hivas_iran\ yitas(k, i) * Tavhivasi_\ dijak(k, i)]/12$$

– Teljes_koltseg.

$$Teljes_berletdij + Teljes_dolgozober + Teljes_hivaskoltseg$$

5.4. Korlátozó feltételek

– Csak_berbevett(i): csak olyan irodákba vehetünk fel dolgozókat amelyeket bérbe vettünk;

$$Dolgozok_d\ b(i) <= Max_dolg\ ozo(i) * Berel_e(i)$$

– Fogad(i): minden irodába annyi hívást lehet fogadni, amennyit az ott dolgozók fogadni tudnak;

$$Dolgozok_db(i) * 87600 >= sum\ [k, Hivas_iranyitas(k, i)]$$

– Iranyit(k): minden hívást irányítani kell valamelyik irodába.

$$Hivasszamok(k) = sum[i, Hivas_\ iranyitas(k, i)]$$

6. Következtetések

A feladat megoldásával egyensúlyt tudunk találni a különböző költségelemek között. A használt modellező rendszer alkalmas arra, hogy az adatokban történő változások hatását követni tudjuk.

i / k	Brandon	Drum
204	78397	
250	99202	13544
306	70399	
403		193330
416		289617
418		122353
506		51854
514		238019
519		100988
604		131861
613		102583
705		41983
709		40687
807		17591
819		141881
902		74110
905		191599

3. ábra. *Hívás átirányítás, a megoldott modell optimalizált állapota. A sorok a körzetek, az oszlopok a városok[1][2].*

Szakirodalmi hivatkozások

[1]T. Spencer, A. J. Brigandi, D. R. Dargon, M. J. Sheehan: *AT&T's Telemarketing Site Selection System Offers Customer Support*, AT&T Business Operations Analysis Room 7125M1, 295 North Marple Avenue Basking Ridge,New Jersey 07920.

[2] Doug Roth, Peter Bell: *Informs Case* (1998), 901 Elkridge Landing Road, Suite 400, Linthicium.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 51–54. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.05
http://hdl.handle.net/10598/28607

MŰSZAKI FEJLESZTÉS ÉS INNOVÁCIÓ A GOMBATERMESZTÉSBEN

TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND INNOVATION IN MUSHROOM GROWING

Almádi Bernadett[1], Szilágyi Tibor Pál[2], Rezsabek Tamás[3]

[1]*Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Üzleti Tudományok Intézete, Tevékenységmenedzsment és Logisztika Tanszék Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522-000, bernadett.almadi@gmail.com*

[2]*Szent István Egyetem, Gazdaság– és Társadalomtudományi Kar, Regionális és Vidékfejlesztési Tanszék, H–2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522000, sztp@stanford.edu*

[3]*Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Műszaki Menedzsment Intézet, Alkalmazott Menedzsment Tanszék Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522-000, tamas.rezsabek@gmail.com*

Abstract

The high intrinsic nutritional value of mushrooms is a cheap source of protein, from a nutritional point of view, it is becoming increasingly important. The importance of the sector is shown by the fact that it is mostly grown on horticultural, forestry, animal by-products and wastes so mushroom is the sector where sustainability can really be applicable. Characterized by a high degree of innovation it is a dynamically developing sector.

***Keywords**: technology development, innovation, mushroom growing, investment, labour safety*

Összefoglalás

A gomba magas beltartalmi értékű olcsó fehérje forrás, élelmezési szempontból egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az ágazat jelentőségét alátámasztja, hogy többnyire kertészeti, erdészeti, állattenyésztési hulladékokon és melléktermékeken terem, így a gombatermesztés az az ágazat, amelyben igazán érvényesül a fenntarthatóság. Dinamikusan fejlődő ágazat révén nagyfokú innováció jellemzi.

***Kulcsszavak:** műszaki fejlesztés, innováció, gombatermesztés, beruházás, munkavédelem*

1. A téma aktualitása

A gombák alacsony energiatartalmú, magas beltartalmi értékkel rendelkező táplálékai az emberiségnek.

A FAO adatai alapján a világ gombatermesztése évente 8 millió tonna, ennek mintegy 80%-át a csiperkegomba, 15%-át pedig a laskagomba teszi ki. Az Európai Unió legnagyobb gombatermesztő országa Lengyelország. Fejlődését a jelentős technológiai, ágazat szervezeti, logisztikai fejlesztésének köszönheti.

Magyarországon 20–25 ezer tonna az éves termesztett gomba mennyisége. A 2014–2020-as időszakban ennek a mennyiségnek a legalább 50 ezer tonnára emelése a cél.

A gombavertikumban a célok között szerepel 60 gombatermesztő farm létesítése, 100 gombakomposzt hőkezelő alagút felépítése, 15 ezer tonna gombakonzerv előállítására alkalmas feldolgozói kapacitás létesítése.

Magyarországon az egy főre eső fogyasztás 1,5 kg/fő/év körül alakul, lengyelországi csiperkegomba-fogyasztás 1,8 kg/fő/év, az Egyesült Királyságban 2,9 kg/fő/év, Spanyolországban 3,5 kg/fő/év [1].

2. Szakirodalmi háttér

Magyarország gombatermesztés terén 100 éves múltra tekint vissza. A két világháború között a világ harmadik legnagyobb gombatermelő országa volt.

A versenyképes gombatermesztés egyik feltétele a kedvező agrárökológiai feltételek megléte. Míg ezek a feltételek nem vagy csak nagy áldozatokkal valósíthatóak meg, addig a piaci, értékesítési, gazdasági viszonyok egy része viszonylag rövid időn belül megváltozhat. Ezek a változások többek között például beruházások, vásárlói szokások módosulása illetve termesztéstechnológiai innovációknak köszönhetően jöhetnek létre.

Az innováció fogalmát először 1911-ben Joseph A.Schumpeter használta.

A műszaki fejlesztést Bublot közgazdasági oldalról közelíti meg, a technikai fejlődés legfőbb követelményeinek említi:

- az összes és a termelékenységre jutó költségek csökkentését,
- a változó ráfordítások nagyobb mennyiségben való alkalmazását
- a termelés növekedését. [2]

A műszaki fejlesztés az ezzel együtt járó látványos beruházási boom hozzájárul a termelékenység javulásához és a gazdasági növekedéshez.

Az információtechnológiai forradalom időszakában a műszaki fejlődés meghatározott iparágakban tőkemegtakarító volt. [3] Mindezek mellett a fogyasztói elvárásoknak való megfelelés áll a középpontban. A termékek és szolgáltatások versenyképességét meghatározó tényezők kapcsán egyenrangú tényezőkké léptek elő a logisztika és a minőség is [4]. Ez az élelmiszeripar két fontos eleme, mivel a gomba a "gyorsan romló" árucikkek közé tartozik.

A gazdálkodóknak olyan stratégiát szükséges alkalmazni, amely mellett képesek megfelelni az ökonómiai, ökológiai és társadalmi követelményeknek, ennek feltétele az innovatitás. [5]

A műszaki fejlesztés célja:

- A munka termelékenységének fokozása (önköltség csökkentése).
- A terméshozamok növelése.
- A munkafeltételek javítása.
- A lakossági fogyasztások minél magasabb szintű kiszolgálása.
- Választék bővítése.
- Minőség javítása. [6]

Mindezek mellett fontosnak tarjuk megjegyezni, Derek de Solla Price szavaival élve a „A tudományos munka nem lehet csupán önmagáért való." [7]

3. Anyag és módszer

Kutatásunk egy több lépcsős empirikus vizsgálattal zajlik jelenleg is. A kvalitatív technikák alkalmazása során félig struktúrát mélyinterjúkat alkalmaztunk. Célunk, hogy a gombatermesztés versenyképessége során feltárandó műszaki fejlesztésekhez vezető mélyebb összefüggéseket is megismerjük a szakemberek nézőpontjából. További célunk, hogy egy jövőbeni kvantitatív kutatást és azok hipotéziseit megalapozzuk.

4. Eredmények

4.1. Szaporítóanyag-előállítás

A terméshozamok a kétspórás csiperke esetében elmaradnak az európai átlagtól, ennek növelése egyrészt fajták nemesítésével, másrészt termelési szerkezet optimalizációs vizsgálatokkal lehetséges, a termelés minden változóját vizsgálva.

Az un. spóramentes laska gombafajtának bevezetése a termesztésbe a munkafeltételek javulását eredményezné, mivel 1870 óta ismert, hogy bizonyos gombaspórák belégzése légzőszervi allergiás tüneteket idézhet elő. Ezen fajták a gombaágazatban dolgozó emberek egészségmegőrzésében kulcsszerepet játszanak, ugyanis nem alakul ki a gombaspóra allergia. Ezen új fajtával a termesztőházak klímaberendezéseinek tisztításának gyakorisága is ritkulhat [8]. Automatizált blenderek bevezetésével hatékonyabb munkaerő - kihasználás jöhetne létre. Hátránya ennek a technológiának, hogy kisebb volumenű fajtakísérletekre nem ad lehetőséget.

A választék bővítéséhez Magyarországon kevésbé ismert gombafajoknak, pl.: mandulaillatú csiperkegomba (Agaricus blazei), ördögszekér laskagomba (Pleurotus eryngii), téli fülőke (Flammulina velutipes), pecsétviaszgomba (Ganoderma lucidum) és japán fagomba (Lentinula edodes) termesztésbe vonása lenne elsősorban ajánlott.

4.2. Szubsztrátum előállítás és hőkezelési módszerek

A komposztkészítés jelentős szagemisszióval jár, emiatt sürgető fejlesztési cél a bunkeres komposztálás új, zárt rendszerű technológiájának kidolgozása. A bunkeres hőkezelők „indoor” rendszerben működnek. Az „indoor” lényege, hogy minden folyamat, a komposztálás I., II. és III. fázisa teljesen zárt helyen történik. A keletkezett bűzt, visszagyűjtik és ammóniamosó valamint biofilterek segítségével megtisztítják.

4.3. Termesztés

A magyar és európai piac is nagyobb mennyiségben igényelné a japán fagombát. Ehhez termesztéstechnológia fejlesztésekre lenne szükség.

A gombatermesztés, mint minden más ágazat törekszik az önköltségek csökkentésére. Az emelkedő energia árak mellett a társadalmi felelősségvállalást is szem előtt tartva, jelentős szerepet kapnak a gombatermesztésben is alkalmazható megújuló energiaforrások (termálvíz használat, biomasszaégetés, házak kifőzése stb.)

A termesztés sok esetben még nem modern termesztő házakban történik, többek között légtechnikai, klímatechnikai fejlesztések szükségesek.

5. Következtetések, javaslatok:

- Törekedni kell a gomba export piacának növelésére.
- Meg kell ismertetni az emberekkel a gomba élettani hatásait a „Go Gomba/ Go Pink” kampány folytatásával.
- A gombatermesztés fejlődésének fontos és elengedhetetlen feltétele a gombatermesztésben tevékenykedők megfelelő szaktudásának megléte.
- A gomba fajtaválaszték bővítését elősegítendő, a hazai igényeket egy kérdőíves felméréssel tervezünk felmérni.
- Választék bővítése céljából megfontolandónak véljük olyan gombatermesztési technológiák felkutatását, tesztüzemben való kísérleteinek lefolytatását, melyeket hazánkban nem alkalmaznak pl.: kávézaccon történő gombatermesztés.
- A gomba vertikum ellátási lánc feltérképezése anomáliáinak feltárása céljából hozzájárulhat a gazdaságos gombatermesztéshez.
- Fontosnak tartjuk továbbá, hogy a csiperkegombát, minőségi osztályokba sorolják, beltartalmi értékei alapján.
- Végül, de nem utolsó sorban meg kell vizsgálni, hogy az új innovatív megoldá-

soknak milyen gazdasági relevanciája van.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://www.gombaforum.hu/2015/gazdasag/friss-gombapiaci-statisztika/ Letöltve: 2015. február 7. 19.50

[2] Bublot G,: *A mezőgazdasági termelés gazdaságtana* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1987, 1 - 208 oldal

[3] Szalavetz A.: *Műszaki fejlődés és tőkeintenzitás* Közgazdasági Szemle, LIV. évf., 2007 február, 184 -198 oldal

[4] Gyenge, B., Kozma, T.: *A logisztika és a minőség kapcsolata*. In: Szűcsné Szaniszló Zs. (szerk.) Nyertesek és vesztesek – az EU-csatlakozás 1,5 éves tapasztalatai. V. Regionális Tanácsadási Konferencia. Miskolc, 2005

[5] Takácsné György, K.: *Innovációs formák, elterjedésük és szerepük a mezőgazdaságban* In: Ferencz Á (szerk.) Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos Konferencia: Környezettudatos gazdálkodás és menedzsment. 1079 p. Konferencia helye, ideje: Kecskemét, Magyarország, 2013., 1060-1064 oldal

[6] Mohamed, Zs.: *A mezőgazdasági műszaki fejlesztés és kutatás hatásának mérése*, Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, 2010, 13.oldal

[7] Derek de Solla Price: *Kistudomány, nagytudomány*, Budapest, Akadémiai Kiadó 1979

[8] Orosz M.: *A hiperszenzitív pneumonitis (HP) (extrinzik allergiás alveolitis)*. Klinikai immunológia in. Pertányi Gy., Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 2000.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 55–58. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.06
http://hdl.handle.net/10598/28618

EGY KORSZERŰ TERVEZÉSI ELVEKEN ALAPULÓ, KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP BEMUTATÁSA

THE CONCEPTUAL DESIGN OF A MODERN LIGHTWEIGHT AIRCRAFT

Angi Norbert[1], Udroiu Razvan[2], Deliu Gheorghe[3], Vasiloni Mircea[4]

[1]Transilvania Egyetem, *Technológus Mérnöki Kar, Repülőmérnöki Szakképzés, Cím: 500017, Románia, Brassó, Telefon 0753112470, anginorbert@gmail.com*

[2]Transilvania Egyetem, *Repülőmérnöki Kar, udroiu.r@unitbv.ro*

[3]Transilvania Egyetem, *Gépészmérnöki Kar, deliumec@unitbv.ro*

[4] Transilvania Egyetem, *Gépgyártástechnológiai Kar, v.mircea@unitbv.ro*

Abstract

A planned, modern, lightweight, low-cost, and low fuel consumption, long-range aircraft is the subject of this paper. A market research study has been made before planning in order to assess the domestic production, manufacturing and sales opportunities. A GAMA (General Aviation Manufacturers Association) study shows that 20-25% of light weight sport aircrafts are currently produced using reciprocating engines and within a few years this ratio could increase between 33% to 50%. According to the FAA's (Federal Aviation Association) 20-year projection the market sales for LSA aircrafts has increased 825 per year before 2013, and thereafter an annual rate of 335 aircrafts will stabilize the market demand by 2030.
The preliminary design will follow a series of aerodynamic analisys in wind tunnel, and flight experiments to determine the real performance of the airplane.

Keywords: *modern design, lightweight structure, aerodynamics, low cost.*

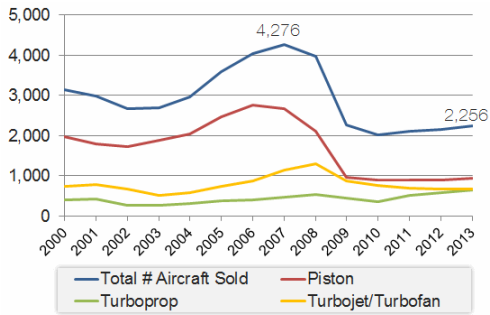
Összefoglalás

Egy megtervezett, korszerű, alacsony költségvetésű, könnyű szerkezetű, kis üzemanyag fogyasztású, nagy hatótávolságú repülőgép bemutatása jelen dolgozat témája. A tervezést piackutatási tanulmány is megelőzte a hazai előállítási-gyártási és értékesítési lehetőségek felmérése céljából. A GAMA tanulmányok szerint, a könnyű sport repülőgépek 20-25%-a jelenleg dugattyús motorok felhasználásával készül, és ez az arány pár éven belül elérheti a 35-50%-ot. Az FAA (Federal Aviation Association) 20 éves prognózisa szerint a könnyű sportrepülőgépk piaca 825 repülőgéppel nőtt évente 2013-ig, majd azt követően 335 repülőgép éves szintre stabilizálódik a piaci kereslet.
A tervezés elsődleges szakaszát szélcsatorna tesztek és repülesi tesztek fogják követni, melyek segítségével megálapítható a repülő teljesítmenye.

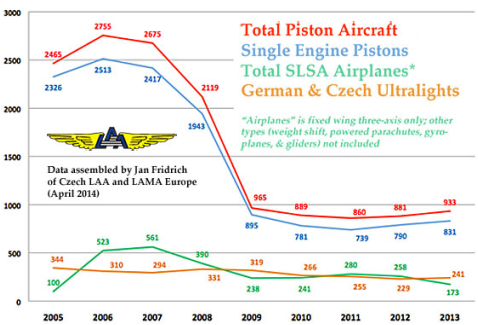
Kulcsszavak: *korszerű tervezés, könnyű vázszerkezet, aerodinamika, alacsony költségvetés.*

1. Piaci tendenciák értékelése

Jelen dolgozat tárgya, egy saját tervezésű könnyű, korszerű, összetett vázszerkezetű, magas aerodinamikai jellemzőkkel rendelkező, alacsony specifikus üzemanyag fogyasztású sportrepülő tervezési fázisainak bemutatása, a megtervezett és tesztelt modell jellemző paramétereinek összehasonlítása, ismert gyártó cégek termékeinek paramétereivel.



1. ábra. *2000 és 2013 között eladott repülőgépek kategoriánként felosztva. [1]*



2. ábra. *2005 és 2013 között eladott könnyű sportrepülőgépek piaca. [2]*

A fenti ábrákból látható, hogy a könnyű sportrepülőgépek kategóriájába sorolható termékek döntő többsége dugattyús, egymotoros gép. Ez a trend a következő 10-15 évben is jellemző lesz erre a repülőgép kategóriára. Ezért indokolt a további fejlesztés, egy a mai termékeket minden szempontból felülmúló kisgép megtervezése, sorozat gyártása, folyamatos tökéletesítése.

2. A Sky-Dreamer repülő tervezésének szakaszai

A tervezést az elvi tervrajzok, szakirodalmi tanulmányok [5..7] és a kezdetleges számitások jóváhagyatása előzi meg. Következik a 3D modell megalkotása CATIA tervezőprogram alkalmazásával, majd a repülő aerodinamikai jellemzőinek elemzése, amelyeket szélcsatorna tesztek valamint repülési tesztek követnek. Mind ezek egyben a prototípus gyártásának előkészítési műveletei is. Szélcsatorna tesztekhez 1:10 repülő modelleket, repülési tesztekhez 1:4 méretarányú modelleket használunk. A repülési tesztekhez használt repülőmodell szervo mechanizmusokkal és szenzorokkal van felszerelve, a repülési adatok rögzítése céljából. A kapott eredmé-nyek alapján, a tervet folyamatos fejleszté-sek követik, majd egy repülőgép 1:1 méretarányú megvalósítása következik.

Jelen téma választása, egy piackutatási tanulmány adatai alapján jött létre. A GAMA (General Aviation Manufacturers Association [1]) szerint a legtöbb eladott kisrepülő dugattyús motorral volt felszerelve. 2013-as adatok alapján a világszerte eladott repülők (2256 db.) 41,4%-át (933 db.) dugattyús motorral felszerelt repülők teszik ki, ami megfigyelhető az **1. ábrán**. Ezzel egy időben az is látható, hogy a dugattyús motorral felszerelt repülők között, a kis-, kétszemélyes könnyű repülők gyártásánál volt nagymértékű fejlesztés. A 2014-es adatok szerint a könnyű sportre-pülők, (GA – General Aviation) piacának 20-25%-át a dugattyús motorral ellátott gépek teszik ki, és ez a részarány növeked-ni fog. A könnyű sportrepülők piaca (LSA – Light Sport Aircraft [3]) 2030-ra a dugattyús motorral felszerelt repülők forgalmának 33-50% részarányát is elérheti. A könnyű sportrepülők piacának előre látható fejlődését a **2. ábra** mutatja be.

A FAA (Federal Aviation Association) kiadott, 20 évre előrejelző közleményt,

amely szerint az eladott LSA repülők száma elfogja érni a 335 repülőt évente.

Az **1. táblázat** összehasonlító ada-tokkal bemutatja a SkyDreamer kisrepülőt a 2014-es év legtöbbet eladott könnyű repülőivel, ezek teljesítményével, fajlagos üzemanyag fogyasztásával, hatótávolságával, repülési tulajdonságaikkal és áraikkal.

1. táblázat. *A 2014-es év top sportrepülői és a SkyDreamer kisrepülőgép összehasonlítása [2]*

Típus	Gyártó	Üzem-anyag tartály (l)	Utazási sebes-ség [km/h]	Hatóta-volság [km]	Siklós-szám	Üzem-anyag fogyasz-tás [l/h]	Ár [$]
Icon A5	Amerika	75	194	556	10	20	189000
FK Lightplanes and Magnaghi	Lengyelország	90	280	1667	8	14.38	140000
Flight Design CTLSi	Németország	130	207	1266	14	18.92	139800
Tecnam Astore	Olaszország	110	222	1148	12.8	18.64	135900
Remos GX	Németország	80	198	889	10	13.24	135000
Sam LS	Kanada	85	201	724	8	15.25	131000
Tecnam Echo	Olaszország	70	215	800	12	17.03	130990
SC07 B.O. T. Speed Cruiser	Németország	90	215	1200	15	13.64	129000
SkyDreamer 2015	**Románia**	**100**	**221**	**1613***	**21**	**13.7***	**126580**
Breezer II	Németország	70	185	800	10	12	125800
Oxai M2	Kína	80	205	600	12.5	14.3	125000
Sling S2	Dél Afrika	150	203	1500	13	17.01	125000
Czech Sport Aircraft	Csehország	70	214	1020	16	17.03	119000
Vans RV-12	Amerika	75	192	842	12	18	115000
Aero AT0-4	Lengyelország	75	170	770	14	16.58	105550
Corbi Alto	Csehország	80	182	726	9	18.92	105000
Evektor Harmony	Csehország	67	212	1300	14	15	102000
Aerotrek A220	Amerika	85	222	960	10	17.03	86950
SkyReach	Dél Afrika	94	168	1120	10	18.9	63495

** a hatótávolság 13,7 l/h és 100 literes üzemanyag tartály függvénye*

3.A CONCEPT Repülőgép bemutatása

Az alábbiakban a repülő külső vázszerkezete, és repülési adatai, teljesítménye látható.

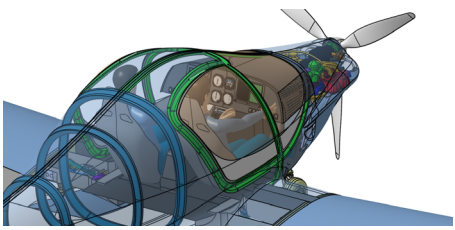
A SkyDreamer általános jellemzői:

- személyzete: 1 pilóta
- kapacitása: 1 utas

– csomag: 15 kg
– szárnyfesztáv: 10.2 m
– szárny felülete: 11.5 m2
– maximális felszállási tömeg: 600 kg
– min. tömeg: 315 kg
– hasznos tömeg: 285 kg
– motor: Rotax 912iS – 100HP
– légcsavar: NEUFORM TXL3-65-47-101.6

3. ábra. *A kisgép 3D látványa*

Becsült teljesítmény:
– utazási sebesség: 221 km/h
– min. repülési sebesség: 65 km/h
– sikloszám: 21
– üzemanyag fogyasztás: 13.7 l/h
– szárny terhelése: 55 kg/m^2



4. ábra. *Az utastér kialakítása*

4. Következtetések

Piackutatási tanulmányok alapján megfogalmazható, hogy, a könnyű sportrepülők piaca folyamatos fejlődésének köszönhetően, egy fellendülő iparággá vált. Jelenleg Románia is egy felívelő piaci lehetőség ezen a téren.

A bemutatott modell versenyképes lehet a jelenlegi piaci ajánlatokkal szemben, ugyanazon kategórián belül.

A tervezett aerodinamikai paramétereknek köszönhetően, a repülési hatótávolság 1650 km, 100 liter, össz üzemanyag fogyasztás mellett, ami 13,7 liter/óra. Ez a fogyasztás hosszabb üzleti célú utak megtételét is lehetővé teszi.

A könnyű, üveg és szénszálas szerkezetnek [4] köszönhetően, megfelelő szilárdságú vázszerkezet alakítható ki így növelhető a hasznos terhelés, csökken az üzemanyag fogyasztás. A megfelelő aerodinamikai jellemzők kialakítása elsődleges feltétele a kívánt paraméterek elérésében.

Jelen dolgozatot eredményei csupán a tervezés kezdeti fázisát tükrözik, amelyet további tesztek és optimalizálások fogják követni.

A szélcsatorna tesztek valamint a repülési próbákat követő újabb optimalizálások megalapozzák a tervezett modell gyártásának műszaki hátterét.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] *2013 Light-Sport Market Share Report & Analysis*, May 21, 2014, http://www.bydanjohnson.com/
[2] *The "Real" LSA Market & Future Growth* -- February 24, 2014, http://www.bydanjohnson.com/
[3] *Forecast for the Second Decade of Light-Sport Aircraft Sales*, September 2, 2014, http://www.bydanjohnson.com/
[4] Udroiu, R.: Materiale compozite *Tehnologii și aplicații în aviație*, Editura Universității Transilvania, 2006.
[5] Roskam, J.: *Airplane Design*, Ed. Universitate din Kansas, 1985.
[6] Grosu, I.: *Calculul și construcția avionului*, Ed. Bucuresti -1965
[7] Ottorino Pomilo, *Airplane design and construction*, Mc Graw-Hill Company, Inc. 239 West 39th street, New York, 1919.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 59–62. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.07
http://hdl.handle.net/10598/28626

GÖRDÜLÉSI ELLENÁLLÁS HATÁSÁNAK MODELLEZÉSE DISZKRÉT ELEMEK MÓDSZERÉVEL

DISCRETE ELEMENT MODELING OF WHEEL ROLLING RESISTANCE

Bablena Adrienn

NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, H-2100 Magyarország, Gödöllő, Tessedik Sámuel utca 4.; Tel.: +36 28 511 689; E-mail: bablena.adrienn@gmgi.hu

Abstract

In discrete element modeling variation of horizontal and vertical forces and the moment of rolling resistance were examined at the beginning of pure rolling and steady-state condition. Breaking force and the moment of rolling friction have maximum values at the start of rolling which are significantly greater than steady-state values. Ratio of horizontal and vertical forces is around 0,25 in a wide range of micromechanical parameters.

***Keywords**: modeling, discrete element method, rolling resistance.*

Összefoglalás

A talaj-kerék kapcsolat diszkrét elemes modellezése során megvizsgáltuk a kerékre ható vízszintes és függőleges irányú fékezőerők, valamint a gördülési ellenállás nyomatékának változását a csúszásmentes gördülés kezdetén, valamint állandósult állapot esetén. Mind a fékezőerő, mind a gördülési ellenállás nyomatéka egy, az állandósult állapotnál jelentősen nagyobb indítási maximummal rendelkezik. A vízszintes és függőleges irányban keletkező fékezőerő aránya a mikromechanikai paraméterek széles tartományában 0,25 körüli értéken állandósul.

***Kulcsszavak:** modellezés, diszkrét elemek módszere, gördülési ellenállás.*

1. Bevezetés

Talajon mozgó járművek esetében a talaj és a kerék közötti kapcsolat mechanikai modellezése rendkívül bonyolult feladat. Mind a talaj, mind a deformálható kerék önmagában is olyan bonyolultságú mechanikai rendszer, melyek összetettsége a gyakorlat számára kielégítő pontosságú mechanikai modellek létrehozását jelentősen megnehezíti.

Az 1900-as évek elején Bernstein [3] foglalkozott a gördülési ellenállás meghatározásával. Bekker [2] szerint az általa megfogalmazott következtetések nehezen általánosíthatók, mivel hiányoznak belőlük a talaj feszültségi és alakváltozási állapotával kapcsolatos információk.

Merev kerék „talajon” történő mozgását befolyásoló gördülési ellenállást elméletben kizárólag az érintkező felületek között kialakuló feszültségi és deformációs állapot határozza meg [2].

Sitkei [8] kísérleti és analitikus talaj-kerék modelljében elsősorban a talaj alakváltozási és tönkremeneteli tulajdonságai határozzák meg a talaj-kerék kapcsolat során kialakuló erőket.

A talaj-gumiabroncs kapcsolat numerikus modellezésére a végeselem módszer a legelterjedtebb, mely lehetővé teszi anyagi és geometriai nemlinearitás és ortotróp anyagmodell feltételezésével a deformálható kerékmodell elkészítését. A talaj modellezése, a nagy alakváltozások és a talaj elnyíródásának problémája nehezen megoldható, mivel végeselem módszer segítségével a talajt csak kontinuumként lehet kezelni [4] [9].

Az utóbbi időszakban elterjedt diszkrét elemes módszer (DEM) lehetővé teszi a deformálható talajmodell létrehozását, azonban ezzel a módszerrel a deformálható kerék nehezen modellezhető [6] [7].

2. Anyag és módszer

Ebben a munkában a talaj által kifejtett, a kereket fékező gördülési ellenállás numerikus modellezésének lehetőségeit kívánom megvizsgálni. A fent bemutatott két lehetséges módszer közül a diszkrét elemek módszerét alkalmazom.

2.1. Diszkrét elemek módszere

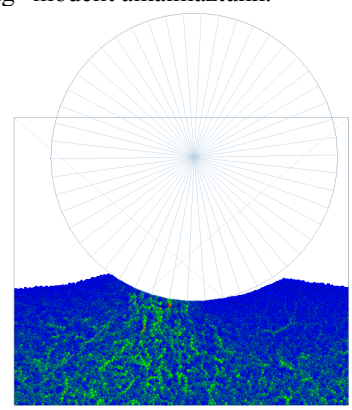
A diszkrét elemek módszere egy numerikus módszer, mely kifejezetten szemcsés anyagok vizsgálatára jött létre a 70-es években. Minden diszkrét elemes modell különálló elemekből és az elemek érintkezésével létrejövő kapcsolatokból áll. Egy eljárást akkor nevezhetünk diszkrét elemes modellnek, ha [1]:

- egymástól egyértelműen elkülönülő elemekből épül fel;
- az elemek önálló elmozdulási szabadságfokokkal rendelkeznek oly módon, hogy a modell képes követni az elemek véges nagyságú eltolódásait és deformációit;
- az elemek között új kapcsolatok jöhetnek létre és meglévő kapcsolatok szűnhetnek meg.

A diszkrét elemes módszer működésének alapja az, hogy a halmaz mechanikai viselkedését a halmazt alkotó egyes szemcsék mozgásállapotának nyomon követésével modellezi. A módszer alkalmazása során az egymással, a falakkal és a kerékkel kölcsönhatásba lépő egyes szemcsékre kell a lendület- és a perdülettétel alapján felírt differenciálegyenleteket numerikusan megoldani.

2.2. Talaj-kerék kapcsolat diszkrét elemes modellje

A talaj-kerék kapcsolat diszkrét elemes modelljében egy 150 *mm* átmérőjű, 40 *mm* szélességű merev korongot használtunk kerékként. A szemcséket egy 350x300x40 méretű téglatest alakú tartományban helyeztük el, a tartományt a szimuláció első lépéseként véletlenszerűen kitöltöttük 1,6 és 2 *mm* között véletlenszerűen változó sugarú gömbökkel, melyek gravitációs ülepedés után körülbelül 1/3 magasságig feltöltötték a vizsgálati tartományt (**1. ábra**). A szimulációhoz „Hertz-Mindlin with bonding” modellt alkalmaztunk.

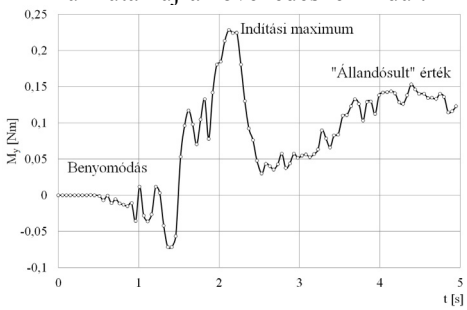


1. ábra. *Talaj-kerék kapcsolat diszkrét elemes modellje*

A modellezés során használt mikromechanikai paraméterek az alábbiak [5]:

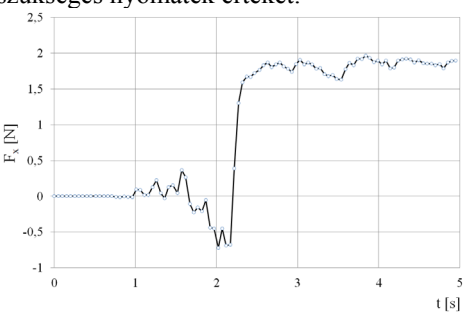
- Poisson tényező: 0,25 (talaj), 0,45 (kerék);
- nyírási modulus: 1e7 *Pa* (talaj), 1e6 *Pa* (kerék);
- sűrűség: 3000 kg/m^3 (talaj), 910 kg/m^3 (kerék);
- normál merevség: 1e9 *N/m*;
- nyíró merevség: 1e9 *N/m*;
- kritikus normál feszültség: 1e5 *Pa*;
- kritikus nyírófeszültség: 5e4 *Pa*;
- kötési sugár: 6 *mm*;
- ütközési tényező: 0,5 (talaj-talaj, talaj-kerék);
- súrlódási tényező: 0,5 (talaj-talaj), 0,8 (talaj-kerék);
- gördülési ellenállási tényező: 0,01 (talaj-talaj), 0,05 (talaj-kerék).

A **2. ábrá**n egy szimulációból kapott kerékre ható, a kerék síkjára merőleges tengelyre számított gördülési ellenállási nyomaték értékét láthatjuk. A diagram három fő szakaszra bontható: a benyomódási szakaszban a kereket függőleges irányban a talaj felszínére helyezzük. A függőlegesen lefelé mozgó kerékre ható nyomaték a kezdeti szakaszban jelentős hullámzást mutat, majd a talajfelszín kezdeti (az egyes szimulációk során véletlenszerűen kialakuló) alakjától függően valamilyen pozitív vagy negatív értéket vesz fel. Ezután a kereket tiszta gördülő mozgásba hozzuk. A kerék mozgását a talajszemcsék a 2. ábrán látható módon akadályozzák. Ez a fékező hatás a kerékre ható nagyszámú koncentrált erő formájában jelentkezik, amely kapcsolati erőhálózat az 1. ábrán látható. Ezek a koncentrált erők fékezőnyomatékot is kifejtenek a forgó, tisztán gördülő mozgást végző korongra. Láthatjuk a 2. ábrán, hogy ez a fékezőnyomaték a kerék indítását követően felvesz egy maximális értéket, amely később csökkenni kezd, majd egy minimum után újra növekedésnek indul.



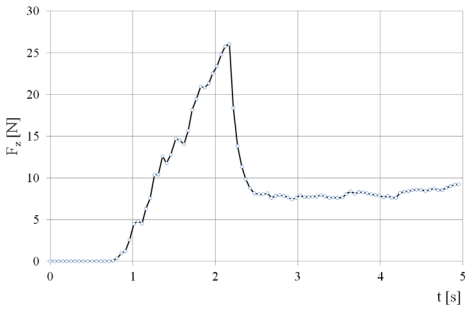
2. ábra. *A gördülési ellenállás nyomatéka*

Ez a növekedés azonban a továbbiakban már nem éri el a kezdeti maximális értéket, hanem egy annál kisebb értéken állandósul. Ezt az állandósult értéket tekinthetjük a gördülési ellenállás nyomatékának. A gyakorlat számára fontos lehet annak ismerete, hogy a talajon mozgó járművek indítási nyomatékigénye milyen mértékben haladja meg a későbbi haladó mozgás során fellépő gördülési ellenállás leküzdéséhez szükséges nyomaték értékét.



3. ábra. *A mozgás irányában keletkező erő*

A **3.** és **4. ábrá**n a kerékre ható függőleges és vízszintes erőket láthatjuk. Ezeken a diagramokon is megjelenik az indítás előtti benyomódásból származó változás.



4. ábra. *Függőleges irányú erő*

Itt is megjelenik az indítás pillanatához tartozó csúcsérték, majd a gyors csökkenés az állandósult állapothoz tartozó értékre.

Megvizsgáltuk a kohezív kötések számának alakulását is. Azt tapasztaltuk, hogy az eddig vizsgált tiszta gördülés során a kohezív kötések száma nem változik.

Megvizsgáltuk az F_x/F_z érték változását a mikromechanikai paraméterek függvényében. Több szimulációt is elvégezve arra az eredményre jutottunk, hogy ez az érték a mikromechanikai paraméterek széles tartományában 0,25 körüli értéket vesz fel.

3. Következtetések

A diszkrét elemes módszer (az analitikus eljárásokkal szemben) alkalmas az időben változó kölcsönhatási folyamatok modellezésére is. Így lehetőség nyílik ezen kölcsönhatási folyamatok dinamikusan változó pillanatnyi értékeinek elemzésére.

A tiszta gördülés során a szimulációban kialakult kohezív kötések száma nem változik.

Az F_x/F_z viszony a mikromechanikai paraméterek széles tartományában 0,25 érték körül állandósul.

4. További feladatok

Célom egy jól használható numerikus talaj-kerék kapcsolati modell létrehozása merev kerék – deformálható talaj, valamint deformálható kerék – merev talaj kapcsolat modellezésére. A továbbiakban egyrészt létre kell hoznom egy jól kalibrált talajmodellt. El kell végeznem az előbbiekben bemutatott erő és nyomaték értékek érzékenységvizsgálatát a mikromechanikai paraméterekre, majd faktoriális kísérlet felhasználásával kiválasztani azokat a mikromechanikai jellemzőket, amelyek leginkább hatással vannak a vizsgált kölcsönhatási folyamatra.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bagi, K.: *Diszkrét elemek módszere*, Budapesti Műszaki Egyetem egyetemi jegyzet, Budapest, 2007. 73.

[2] Bekker, M. G.: *Theory of land locomotion*, University of Michigan Press, Michigan, 1956. 520.

[3] Bernstein, R.: *Probleme zur experimentellen motorpflugmechanik*, Der Motorwagen, Vol. 16, No. 1, 1913. 199-227.

[4] Fervers, C. W.: *Improved FEM simulation model for tire-soil interaction*, Journal of Terramechanics Vol. 41, No. 2-3, 2004. 87-100.

[5] Keppler, I., Hudoba, Z., Oldal, I., Csatar, A., Fenyvesi, L.: *Discrete element modeling of vibrating tillage tools*, Engineering Computations, Megjelenés alatt, 2015.

[6] Knuth, M. A., és mások: *Discrete element modeling of a Mars Exploration Rover wheel in granular material*, Journal of Terramechanics Vol. 49, No. 1, 2012. 27-36.

[7] Nakashima, H., és mások: *Parametric analysis of lugged wheel performance for a lunar microrovel by means of DEM*, Journal of Terramechanics Vol. 44, No. 2, 2007. 153-162.

[8] Sitkei, Gy.: *A talaj-kerék kapcsolat néhány elméleti kérdése*, Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián, Budapest, 1998. 1-16.

[9] Xia, K.: *Finite element modeling of tire/terrain interaction: Application to predicting soil compaction and tire mobility*, Journal of Terramechanics Vol. 48, No. 2, 2011. 113-123.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 63–66. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.08
http://hdl.handle.net/10598/28637

HŐSOKK-ÁLLÓSÁG BECSLÉS SZERSZÁMANYAGOKRA

ESTIMATION OF THERMAL SHOCK RESISTANCE FOR TOOL MATERIALS

Bagyinszki Gyula [1], Bitay Enikő [2]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, 540485 Târgu-Mureş, O.p. 9, C.p. 4., ebitay@ms.sapientia.ro*

Abstract

The thermal shock can appear either as an instantaneous heat effect (in case of a rapid sub-cooling) produced within relatively large (perhaps variable) temperature limits, or a local stress due to the high temperature gradient. The heat stress developed as effect of the heat stroke – in superposition with the stresses related to the mechanical loads – can cause the exceeding of the admissible strength limit. This leads to certain fissures or even fracture when deformation is obstructed in special in case of materials of limited plasticity. This paper deals with the estimation possibilities of the thermal shock resistance for certain database included tool materials.

Keywords: *thermal shock resistance, thermal stress, distortion, tool steels, ceramics.*

Összefoglalás

A hősokk lehet "lökésszerű" hőhatás (pl. gyors túlhűtéskor), viszonylag nagy (esetenként változó) hőmérséklethatárok között, vagy nagy hőmérséklet-gradiens okozta lokális igénybevétel. A hőlökés, hőfok-különbség hatására kialakuló hőfeszültség - különösen egyidejűleg ható mechanikai terheléssel - az anyag (határ)szilárdságát elérő feszültséget, az akadályozott alakváltozás (nem eléggé képlékeny anyagoknál) pedig repedést, sőt törést eredményez(het). Jelen cikk a hősokk-állóság becslésének lehetőségével foglalkozik, szerszámanyagok adatait alapul véve.

Kulcsszavak: *hősokk-állóság, hőfeszültség, vetemedés, szerszámacélok, kerámiák.*

1. Bevezetés

A fizika hőtani fejezetéből közismert

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \qquad (1)$$

képlet, illetve annak az egyszerű Hook-törvény felhasználásával

$$\alpha \cdot \Delta T = \frac{\Delta L}{L_0} = \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \qquad (2)$$

illetve

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \qquad (3)$$

alakra átrendezett formája az akadályozott hőtágulás okozta hőfeszültségek problematikájának szemléltetésére alkalmas [1], de mértékadó számításokra csak korlátozottan (például egy mindkét végén mereven befogott rúd, vagy egy merevített környezetben hegesztett tompavarrat esetében). Hőkezelendő darabok, hűtött melegedő szerszámok esetében célszerű a geometriától (méretektől) lényegében függetlenített, a lokális feszültségekre koncentráló számítási összefüggéseket alkalmazni.

2. Hőfeszültségek

Ha egy darab hőtágulása vagy zsugorodása akadályozott, hőfeszültségek keletkeznek benne. Célszerű különbséget tenni külső kényszer okozta (pl. mindkét végén mereven befogott rúdban), és külső kényszer nélkül, a darabban kialakuló hőmérséklet-gradiens miatti hőfeszültség között. Felírható, hogy:

$$C \cdot \Delta\sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta T \tag{4}$$

ahol E a rugalmassági modulus; α a lineáris hőtágulási együttható; C = 1 egytengelyű kényszerre, 1-ν kéttengelyű kényszerre ill. a szokásos hűtési (pl. hőkezelési) viszonyokra, és 1-2ν háromtengelyű kényszerre; ν a Poisson-tényező. Ezzel számítható az indukált feszültség [2]:

$$\Delta\sigma = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{C} \tag{5}$$

Ha ez meghaladja az anyag R_m lokális szakítószilárdságát (mint kritikus határfeszültséget), károsodást eredményez(het).

3. Hősokk-állóság szerszámacélok esetében

A számítások illusztrálására néhány ismert szerszámacél **1. táblázat**ban szereplő adatait vettük alapul. Mind a mechanikai, mind a termikus anyagtulajdonságok hőmérsékletfüggők, ezért átlagértékeket képeztünk adatbázisból [3, 4] vett jellemzőkből.

A szilárdsági adatokat a hőkezelési céltól függően megválasztott megeresztési hőmérséklet is jelentősen befolyásolja, ezért célszerű egy intervallum határértekeit számba venni. (Egyes szerszámacélokra eleve a keménység /HRC_{min}, HV_{min}/ a mértékadó előírás, nem pedig a szilárdság jellemző értéke.)

1. táblázat. *Néhány elterjedt szerszámacél fontosabb mechanikai és termikus tulajdonságai*

Szerszám-acélok	ötvözetlen szerszámacél	hidegalakító szerszámacél	melegalakító szerszámacél	(forgácsoló) gyorsacél	műanyagforma (szerszám)acél
EN anyagjel	C105U	X210Cr12	X40CrMoV5-1	HS6-5-2	40CrMnNiMo8-6-4
EN számjel	1.1545	1.2080	1.2344	1.3343	1.2738
régi MSZ jel	S101	K1	K13	R6	-
AISI jel	W110	D3	H13	M2	P20
***E* [GPa]**	**209**	**211**	**216**	**228**	**210**
***ν* [-]**	**0,29**	**0,29**	**0,29**	**0,29**	**0,29**
max. R_m [MPa]	**1510**	**2500**	**2040**	**2570**	**1660**
min. R_m [MPa]	**1440**	**2100**	**1940**	**2220**	**930**
α [10^{-6}/°C]	**10,5**	**12,3**	**10,5**	**10,2**	**11,6**
λ [W/m·°C]	**48,4**	**30,5**	**28,7**	**22,0**	**44,7**

2. táblázat. *Néhány elterjedt szerszámacél kalkulált hősokk-állósága*

***ΔT* hősokk-állóság**	ötvözetlen szerszámacél	hidegalakító szerszámacél	melegalakító szerszámacél	(forgácsoló) gyorsacél	műanyagforma (szerszám)acél
max. R_m-ből	489 °C	684 °C	639 °C	785 °C	484 °C
min. R_m-ből	466 °C	575 °C	607 °C	677 °C	271 °C

Az a képesség, hogy egy anyag(darab) a hirtelen hőmérséklet-változást elviseli, a hősokk-állóság, aminek mértékét kifejező

$$\Delta T = C \cdot \frac{R_m}{\alpha \cdot E} = (1 - \nu) \cdot \frac{R_m}{\alpha \cdot E} \tag{6}$$

képlettel [2] adódik a maximális megengedhető hőmérséklet-különbség (ill. kis távolságon belüli hőmérséklet-gradiens). R_m minimális értékével számítva az eredmény kedvezőtlenebb (**2. táblázat**).

Amikor egy anyag(darab) felületi hőmérséklete hirtelen változik - „belső” kényszer van -, az anyag λ hővezetési tényezője is meghatározóvá válik, ill. a hőátadás számszerűsíthető a h hőátadási tényezővel.

Így egy másik közelítő becslés kapható az „A” ill. egy „B” faktor bevezetésével [2]:

$$A = \frac{t \cdot \frac{h}{\lambda}}{1 + t \cdot \frac{h}{\lambda}}\ , \text{ illetve} \qquad B = \frac{C}{A} \qquad (7)$$

ahol t egy jellemző méret (a hőáram irányában); a $t \cdot h/\lambda$ mennyiség szokásos elnevezése a Biot-modulus vagy Biot-szám.

A **3. táblázat** megadja az „A” faktor értékeit, ha a jellemző méret t = 10 mm.

A $B \cdot \Delta T = R_m/(\alpha \cdot E)$ alapján a hőkárosodással szembeni ellenállást kifejező ΔT hősokk-paraméter értéke így alakul:

$$\Delta T = \frac{A}{C} \cdot \frac{R_m}{\alpha \cdot E} = \frac{A}{1-\nu} \cdot \frac{R_m}{\alpha \cdot E} \qquad (8)$$

3. táblázat. *„A” faktor értékei (jellemző méret: t = 10 mm)*

Hűtés módok (és hőátadási tényezők)	**Anyagcsoportok növekvő hővezetési tényező szerint**			
	Habok	**Polimerek**	**Kerámiák**	**Fémek**
Lassú (nyugvó) léghűtés ($h \approx 10$ W/m^2·°C)	**0,75**	**0,5**	**0,03**	**0,003**
Gyors (áramló) léghűtés ($h \approx 100$ W/m^2·°C)	**1**	**0,75**	**0,25**	**0,03**
Lassú (nyugvó) vízhűtés ($h \approx 1000$ W/m^2·°C)	**1**	**1**	**0,75**	**0,23**
Gyors (áramló) vízhűtés ($h \approx 10000$ W/m^2·°C)	**1**	**1**	**1**	**0,1...0,9**

A λ hővezetési tényezők ismeretében számított „A” faktor értékeihez példáinkban a h = 10000 W/m^2·°C értéket vettünk figyelembe. A kapott 0,1...0,9 közé eső „A” értékkel pedig a ΔT hősokk-paraméter értéke kalkulálható, mint a maximális megengedhető hőmérséklet-különbség (kis távolságon belüli hőmérséklet-gradiens). A **4. táblázat** a kiválasztott szerszámacélokra jellemző „A” faktor értékeit, és az ezzel korrigált hősokk-állósági értékeket mutatja.

4. táblázat. *Néhány elterjedt szerszámacélra kalkulált „A” faktor és korrigált hősokk-állóság*

Korrigált ΔT hősokk-állóság	**ötvözetlen szerszámacél**	**hidegalakító szerszámacél**	**melegalakító szerszámacél**	**(forgácsoló) gyorsacél**	**műanyagforma (szerszám)acél**
„A” faktor	0,674	0,766	0,777	0,820	0,691
ΔT max. R_m-ből	653 °C	1039 °C	984 °C	1276 °C	663 °C
ΔT min. R_m-ből	623 °C	873 °C	936 °C	1102 °C	372 °C

4. Kerámiák hősokk-állósága

Hősokk-hatással szembeni érzékenység a hőmérsékleti gradiens(ek)ből származó belső feszültségekből, ill. a kerámiák ridegségéből ered. A hősokk-állósági (*Thermal Shock Resistance*) paraméterük a

$$TSR = \frac{\lambda \cdot R_h}{\alpha \cdot E} \qquad (9)$$

formulával [5] fejezhető ki, ahol λ a hővezetési tényező, R_h a hajlítószilárdság, α a hőtágulási együttható, E a rugalmassági modulus. Ezek mellett a geometria (alak, méretek) is befolyásolja a hősokk-állóságot. Az **5. táblázat** néhány műszaki kerámia főbb mechanikai és termikus tulajdonságait [3, 5] mutatja, kiegészítve a (9) formulával számolt hősokk-állósági paraméterrel.

5. táblázat. *Néhány műszaki kerámia fontosabb mechanikai és termikus tulajdonságai*

Műszaki kerámiák	nagy tisztaságú alumínium-oxid (Al_2O_3)	részlegesen stabilizált cirkónium-oxid (ZrO_2)	szinterelt szilícium-nitrid (Si_3N_4)	szilícium-alumínium-oxinitrid (SIALON)	nem túlnyomással szinterelt szilícium-karbid (SiC)
E [GPa]	360	210	330	230	450
R_h [MPa]	520	1000	1000	355	600
α [10^{-6}/°C]	8,0	5,0	3,5	3,0	4,8
λ [W/m·°C]	30	2,2	27	18	110
TSR [W/m]	5417	2095	23377	9261	30556

5. Vetemedés minimalizálása

Szerszámoknál fontos a termikus (pl. hőkezelési) eredetű vetemedés minimalizálása is, ami szintén függ a kialakul(hat)ó hőmérséklet-gradienstől. Állandósult esetre vonatkozó Fourier-egyenlet szerint:

$$p = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} \qquad (10)$$

ahol p az egységnyi idő alatt, egységnyi felületen bevitt hőáram (teljesítménysűrűség); λ a hővezetési tényező, dT/dx a kialakult hőmérséklet gradiens.

A (2) formulát ($\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$) felhasználva, annak hely (x) szerinti deriváltját képezve, majd (10)-ből a dT/dx hőmérséklet-gradienst p/λ alakban behelyettesítve, a

$$\left|\frac{d\varepsilon}{dx}\right| = \alpha \cdot \frac{dT}{dx} = \alpha \cdot \frac{p}{\lambda} = p \cdot \frac{\alpha}{\lambda} = \frac{p}{\left(\frac{\lambda}{\alpha}\right)} \qquad (11)$$

összefüggés adódik a vetemedést jellemző $d\varepsilon/dx$ alakváltozási gradiensre [2]. Adott geometria és p hőáram esetén a $d\varepsilon/dx$ akkor minimális, ha az anyagot jellemző λ/α hányados maximális. A választott anyagokra vonatkozóan a λ/α hányados értékeit a **6. táblázat** tartalmazza.

6. táblázat. *Vetemedési hajlamot minősítő λ/α hányados értékei*

Szerszámacélok	C105U	X210Cr12	X40CrMoV5-1	HS6-5-2	40CrMnNiMo8-6-4
λ/α [10^6 W/m]	4,61	2,48	2,73	2,16	3,85
Műszaki kerámiák	**Al_2O_3**	**ZrO_2**	**Si_3N_4**	**SIALON**	**SiC**
λ/α [10^6 W/m]	3,75	0,44	7,71	6,00	22,92

6. Következtetések

A hőfeszültségek, illetve a hősokkállóság közelítő számításának (becslésének) szerepe lehet pl. a szerszámgyártás (hőkezelés) és a szerszámalkalmazás (hűtés-kenés) terén. Nagy pontosságú, illetve megbízhatóságú számítások a bemutatott egyszerűbb matematikai modellek és adatbázisból nyert (nem mért) átlagértékek felhasználásával nem végezhetők, de a kapott adatok összehasonlításra, figyelemfelhívásra (a lehetséges problémák iránt) alkalmasak lehetnek.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bagyinszki, Gy.: *Anyagismeret*, Óbudai Egyetem - BGK, Budapest, 2011.

[2] Ashby, M. F.: *Materials Selection in Mechanical Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999.

[3] *Cambridge Engineering Selector 4.5*, Granta Design Limited, Cambridge, 2004.

[4] *EQUIST WELD Acélkalauz*, SACIT Acéltanácsadó Kft., Budapest, 2011.

[5] IZTK in Zusammenarbeit mit den Mitgliedsfirmen der Fachgruppe Technische Keramik im VKI e. V.: *Breviary Technical Ceramics*, Fahner Verlag, Lauf, November 2004.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 67–70. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.09
http://hdl.handle.net/10598/28659

A KÖZÚTI FORGALMI REND FELÜLVIZSGÁLATA

REVISION OF ROAD TRAFFIC ORDER

Baranyai Dávid[1], Sipos Tibor[2]

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék, Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Sztoczek 2., Telefon / Fax: +36-1-463-1051, levelezési cím, baranyai.david0218@gmail.com*

[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék, Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Sztoczek 2., Telefon / Fax: +36-1-463-1051, levelezési cím, tsipos@kgazd.bme.hu*

Abstract

They key aspect of investigation is road safety. There is an enormous international pressure on development of road safety indicators. The aim of this article is to present the methodology of revision of road traffic order and to publish the preliminary results. Detailed matematical statistical analysis of traffic accidents were conducted in order to build up a hot-spot accident map of Hungary. This decision support tool helps decision makers to reveal the hot-spots about fatal road accidents in Hungary.

Keywords: *road safety, traffic safety, traffic order.*

Összefoglalás

Kutatásunkat közlekedésbiztonság területén végeztük. Napjainkban egyre fokozódó nemzetközi közlekedéspolitikai nyomás érzékelhető a közlekedésbiztonsági teljesítménymutatók javításának kikényszerítése területén. Ennek a cikknek a célja a forgalmi rend felülvizsgálatával kapcsolatos elsődleges eredmények bemutatása. Matematikai statisztikai eszközök széles csoportját alkalmaztuk, hogy megalkossuk Magyarország baleseti ponttérképét. Ezzel a térképpel jelentősen elősegíthető a döntéshozók munkássága a halálos közúti balesetek területén.

Kulcsszavak: *közlekedésbiztonság, közúti közlekedésbiztonság, forgalmi rend.*

1. Bevezetés

A forgalmi rend felülvizsgálatához először is összegyűjtöttük a legfontosabb közlekedésbiztonságot befolyásoló tényezőket [1], [2], amelyekkel a későbbiekben foglalkozni szeretnénk és erre fektettünk hangsúlyt a felülvizsgálatban. Ezek a következők voltak:

1.1. Jelzőtáblák jellemzői

- típusa
- helye
- érvényessége

1.2. Útburkolati jelek jellemzői

- típusa
- helye
- állapota

1.3. Közlekedésbiztonsági paraméterek

- jelzőlámpákra
- gyalogos-átkelőhelyekre
- útburkolat állapotára és
- közlekedésbiztonság növelését elősegítő eszközökre (pl.: szalagkorlát, középsziget, növényzet) vonatkozó paraméterek

1.4. Megengedett maximális sebesség.

2. A mérés leírása

A vizsgált tulajdonságok megállapítását követően meghatároztuk az elemzéshez szükséges képanyag rögzítésének módját. A mérés során végighaladtak az érintett utakon egy gépjárművel, amelyben elhelyeztünk egy kamerát, 2 db GPS-t valamint egy laptopot, amelyen az adatok rögzítésre kerültek, valamint folyamatosan nyomon lehetett követni a felvételt, ezzel elősegítve az esetleges hibák kiküszöbölését (pl.: GPS jel elvesztése). Ebben nagy segítséget nyújtott számunkra a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Tagozata.

A felmérés befejeztével a felvételeket egy arra alkalmas adatbázis kezelő szoftverben (Microsoft Access) kielemeztük.

2.1. A 82-es számú főút közlekedésbiztonsági szempontú elemzése

A 82-es számú főútnál a hangsúlyt a közlekedésbiztonsági paraméterek általi felosztásra valamint a góchelyekre/gócgyanús szakaszokra fektettük. A fent említettek szerinti adatok felvétele után minden paraméterhez hozzárendeltem egy súlyozási számot, amelyeket *Rune Elvik Nilsson* modellje alapján állapítottuk meg. Ez a súlyozási szám minél nagyobb, annál nagyobb mértékben befolyásolja az adott út biztonságát. A súlyozási értékek felvétele után kiszámoltuk minden egyes szakasz biztonsági értékét. Ez az érték minél kisebb, annál biztonságosabb az út. A kapott értékek alapján a szakaszokat egy 1-5-ig terjedő biztonsági osztályba soroltam.

Validálás: érdemes megvizsgálnunk, hogy a baleseti adatok és az egyes kategóriák között van-e bármiféle összefüggés. Ennek eldöntésére függetlenségvizsgálatot végeztünk. Null-hipotézisünk az volt, hogy az egyes jellegcsoportok és balesetek kimenetele egymástól függetlenek. Alternatív hipotézisnek természetesen ennek az ellenkezője tekinthető. Annak eldöntésére, hogy igazoljuk feltevésünket, a mintát próbafüggvénnyel teszteltük. A próbafüggvényünk egy egymintás, nem paraméteres Khi próbafüggvény, amivel a függetlenségvizsgálat elvégezhető.

A próbafüggvénnyel meghatározott 34,81-es érték magasabbnak bizonyult, mint a kiszámított 15,507-es kritikus és a Cramer együttható értéke C=0,37617, ebből megállapítottuk, hogy a jellegcsoportok, valamint a baleseti adatok egymástól nem függetlenek és közöttük közepes függőség állapítható meg.

3. Góchelyek/gócgyanús szakaszok feltárása

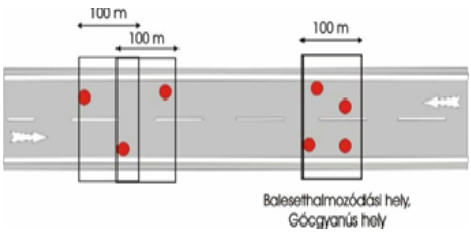
Lakott területen belül: egy csomópontot vagy egy legalább 100 méter hosszú szakaszt gócgyanús helynek nevezünk, ha három év alatt legalább négy személysérüléses baleset történt.

Lakott területen kívül: egy 1000 méter hosszú szakaszt gócgyanús helynek nevezünk, ha 3 év alatt legalább négy baleset történt, amely személysérüléssel járt.

Góchelyek keresése méretarányos baleseti ponttérkép vagy adatlista segítségével, ún. ablaktechnikával végezhető el [3].

A gócszakaszok feltárása után megvizsgáltuk a balesetek okát, valamint az adott szakasz kialakítását és összefüggéseket kerestük. Amennyiben megállapítható volt, hogy az út valamely paraméterének nem megfelelő kialakítása közrejátszott a baleset

kialakulásában, abban az esetben javaslatot tettem ennek megfelelő javítására.



1. ábra. *Góchely kutatás elvi felépítése*

Miután feltártuk a gócgyanús szakaszokat és megvizsgáltuk a baleseti helyeket, hogy hol, milyen beavatkozás lenne szükséges, azt tapasztaltuk, hogy az egyes baleseti helyszíneken elegendő lenne csak kisköltségű beavatkozásokat alkalmazni. Ezért végeztük egy gazdasági számítást annak érdekében, hogy a ráfordítások megtérülnének-e?

Első lépésként utánajártunk, hogy mennyi a fajlagos értéke az egyes közlekedési baleseteknek. Ebből kiszámoltam az általunk vizsgált szakaszokon történt balesetek értékét, melyre 1,337 milliárd forintos összeget kaptam. Második lépésként utánajártunk az egyes kisköltségű beavatkozások értékeinek, majd összegeztem az általam javasoltakat és ezekből adódóan kiszámoltam a beavatkozások összértékét. Ezekre összesen 510 705 forintot kellene költeni.

Az egyes kisköltésű beavatkozások elvégzése bizonyos százalékkal csökkenti az adott helyen kialakuló baleset mértékét. Ezeket az értékeket a www.toolkit.irap.org közlekedésbiztonsági eszköztár honlapjának Treatments/SaferRoadTreatments menüpontjából szűrtük ki harmadik lépésként. Így ki tudtuk számítani, hogy az általam alkalmazott beavatkozások mennyivel csökkentenék a balesetek fajlagos értékét. Összesen 515 millió forintot lehetne „megtakarítani” a beavatkozásokkal.

A „megspórolt” és a beavatkozási összegekből kiszámoltuk a BCR (haszon költség arány)-t. Ebből kiderült, hogy gazdaságilag megéri-e alkalmazni a javasoltakat. Az eredményül kapott 1009,23-mas értékű BCR mutató szerint igen, de ez az érték irreálisan magas, ami annak köszönhető, hogy a baleseti helyeken csak kisköltségű beavatkozások kerülnek kialakításra, valamint az emberi élet fajlagos értéke az említett beavatkozásokhoz viszonyítva nagyon magas. Ezért további összefüggés vizsgálatok szükségesek az adott témában.

A kutatás eredményeként megállapítható, hogy a javasolt kisköltségű beavatkozások növelnék a közlekedésbiztonságot, de a továbbiakban meg kell vizsgálni, hogy ezek bevezetése, nem csökkentené-e más tényezők hatását, ezzel újra csökkentve a közlekedésbiztonságot.

4. Magyarország másodrendű közúthálózatának közlekedésbiztonsági elemzése

Az elemzésünk során a nullhipotézisünk szerint az egyes közlekedésbiztonsági tényezők és a felvett paraméterek függetlenek egymástól. Alternatív hipotézisnek természetesen ennek az ellenkezője tekinthető, azaz van köztük összefüggés. Annak érdekében, hogy igazoljuk a felvetésemet, a mintát próbafüggvénnyel teszteltük. A próbafüggvényünk egy egymintás, nem paraméteres Khi próbafüggvény volt, amivel a függetlenségvizsgálat elvégezhető.

A hipotézisvizsgálathoz a 101 db úthoz tartozó 202 db (oda – vissza irány) fájlt rendszereztünk és összegeztünk. Ezt követően hozzárendeltük az egyes felmérési pontokhoz az OKA 2000, valamint a baleseti adatokat, majd megkerestük a változási helyeket, azaz azt, hogy hol változik meg az út egy-egy paramétere. Így különböző tulajdonságú ponthalmazokra bontottuk az utakat. Ezen problémákat az ArcGIS nevezetű térinformatikai szoftverben tudtam

megoldani. Ennek eredményeként megkaptunk egy adattáblát, amelyet importálni tudtunk SPSS statisztikai szoftverbe. „Boxplot" (doboz) ábrán leszűrtem a helytelen adatokat, amelyekkel a későbbiekben nem foglalkoztam, majd kiszámoltam az összefüggés-vizsgálathoz szükséges közlekedésbiztonsági mutatókat (relatív baleseti mutató, balesetsűrűség, fajlagos veszteségérték) [4].

Kül- és belterületen egyaránt megvizsgáltuk, hogy van-e összefüggés a közlekedésbiztonsági mutatók és a vizsgált út paraméterek között. Az SPSS statisztikai programmal kiszámíttattuk a Khi és Cramer értékét, a szignifikancia szintet, valamint a szabadságfokot.

A vizsgált mutatók és paraméterek közötti összefüggés lehet gyenge, közepes vagy erős:

- Gyenge: Cramer < 0,3
- Közepes: 0,3 ≤ Cramer < 0,7
- Erős: 0,7 ≤ Cramer

Ezek alapján megállapítható, hogy a vizsgált paraméterek közül a legerősebb összefüggések a közlekedésbiztonsági mutatókkal az átlagos sávszélesség, az átlagos padkaszélesség és a 3 év átlagos napi forgalma mutat, de ezek az összefüggések sem érik még el a közepes függőséget.

5. Következtetések

Kutatásunk eredményeként megállapítható, hogy mely útkialakítási tulajdonságok befolyásolják leginkább a vizsgált közlekedésbiztonsági mutatókat, ezzel rá lehet világítani, hogy hol szükséges beavatkozásokat eszközölni az út kialakításában, de az összefüggések csak gyenge/közepes összefüggéseket mutatnak, ezért ezek erősítése érdekében további

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kosztolányi-Iván, G., Koren, Cs., Borsos, A.*: Distinction of Road Categories by Road Users*, Acta Technica Jaurinensis 8:(1) 23-35. (2015.)

[2] Holló, P., Eksler, V., Zukowska, J.: *Road safety performance indicators and their explanatory value: A critical view based on the experience of Central European countries*, Safety Science 48:(9) 1142-1150. (2010.)

[3] Török, Á., Kiss, Á., Szendrő, G.: *Introduction to the Road Safety Situation in Hungary,* Peridoica Polytechnica Transport Engineering, Vol 43, No 1 (2015.), 22-26, DOI: 10.3311/PPtr.7510

[4] Sipos, T.: *Coherence between Horizontal and Vertical Curves and the Number of the Accidents*, Peridoica Polytechnica Transport Engineering, Vol 42, No 2 (2014.), 167-172, DOI: 10.3311/PPtr.7224

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 71–74. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.10
http://hdl.handle.net/10598/28666

ABRÁZIÓSAN KOPTATOTT FELÜLETEK KIÉRTÉKELÉSE ÉRDESSÉGMÉRÉS SEGÍTSÉGÉVEL A KOPÁS KEZDETI SZAKASZÁBAN

EVALUATION OF THE ABRASIVE WEAR PROCESS BY ROUGHNESS MEASURING IN THE CASE OF INITIAL STAGE OF WEAR

Baranyi István

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépszerkezettani és Biztonságtechnikai Intézet, Cím: 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8.; Telefon / Fax: +36-1-666-5337, baranyi.istvan@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Nowadays one of the most important tasks in tribology to design the surfaces optimised to the operation. According to the literature we can define clearly and detailed all of the optimal machining parameters, but we have only limited information about the changes of surface microtopography. In a case of tribological test researchers define the wear rate and form and identifying the wear form, but the roughness profile modification which defines example the real contact area, the heat and material transport have been investigated only a small degree.

In this article i would like to introduce the modification of the amplitude roughness parameters in a point of view of normal force and sliding distance in a case of non-lubricated abrasive process.

Keywords: *wear, abrasion, average roughness, skewness, kurtosis, peak, valley.*

Összefoglalás

Napjaink egyik legfontosabb kutatói feladata, hogy a gyártott felületek tribológiai szempontból is optimalizálva legyenek a teljes életút során. A szakirodalom alapján elmondhatjuk, hogy a gyártott felületek optimalizálása az utóbbi években egyre szélesebb spektrumot ölel fel, viszont csak korlátozott információink vannak arra vonatkozóan, hogy működéskor a felületi mikrotopográfia hogyan változik. Tribológiai vizsgálatoknál legtöbbször a kopási formák azonosítása és a kopási intenzitás meghatározása a fő cél, az érdességi profil kiértékelése legtöbbször a háttérbe szorul annak ellenére, hogy az érdesség változása határozza meg például a hő és az anyag transzportot.

Jelen cikkben a szerző az amplitúdótól függő érdességi paraméterek változását mutatja be a felületeket összeszorító erő és a súrlódási úthossz függvényében száraz súrlódás esetén.

Kulcsszavak: *kopás, abrázió, átlagos érdesség, ferdeség, lapultság, csúcs, völgy.*

1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben az érdességmérési és kiértékelési technika jelentős fejlődésen ment keresztül. A mérőműszerek és kiértékelési technikák folyamatos fejlődése lehetővé tette a gyártott felületek többszempontú kiértékelését [1][2][3][4].

A tribológiai vizsgálatok szempontjából vizsgálva az érdességmérési lehetőségeket

elmondhatjuk, hogy a szakirodalomnak csak egy szűk köre foglalkozik részletesen az érdesség változásával, mivel folyamatos koptatási kísérletben nincs mód a mérés elvégzésére [5] [6]. A szakaszos mérés ellenére a kutatók egyre többször egészítik ki az online kiértékelési eredményeiket érdességmérési adatokkal [7] [8].

A cikkben a kopás kezdeti szakaszának egy érdesség mérés segítségével történő kiértékelési lehetőségét mutatom be a bekopási szakasz különböző stádiumaiban.

2. Anyag és módszer

Az érdességmérési szabványok a paramétereket négy csoportra osztják:

- amplitúdó paraméterek;
- térközi paraméterek;
- hibrid paraméterek;
- statisztikai paraméterek.

A mérnöki gyakorlatban széleskörűen alkalmazott amplitúdótól függő paramétereket az (1)-(6) egyenletek definiálják:

$$Ra = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|y(i)| \qquad (1)$$

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}y(i)^2} \qquad (2)$$

$$Rv = |\min(y)| \qquad (3)$$

$$Rp = |\max(y)| \qquad (4)$$

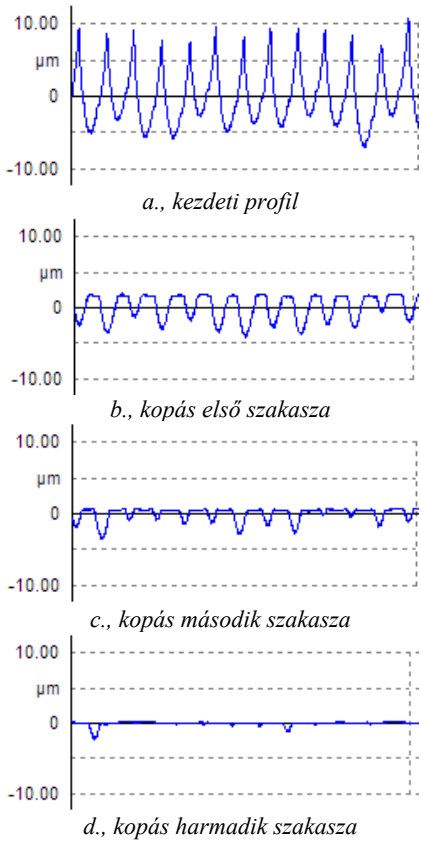
$$Rsk = \frac{1}{NRq^3}\sum_{i=1}^{N}y(i)^3 \qquad (5)$$

$$Rku = \frac{1}{NRq^4}\sum_{i=1}^{N}y(i)^4 \qquad (6)$$

Ahol:

- Ra átlagos érdesség;
- Rq közepes mértani eltérés;
- Rv völgymélység;
- Rp csúcsmagasság;
- Rsk ferdeségi mérőszám;
- Rku lapultsági mérőszám;
- N pontok száma a mérési hosszon;
- y(i) pontok magassági koordinátája.

3. Mérési eredmények ismertetése



1. ábra. *A profilok változása a kopás négy szakaszában*

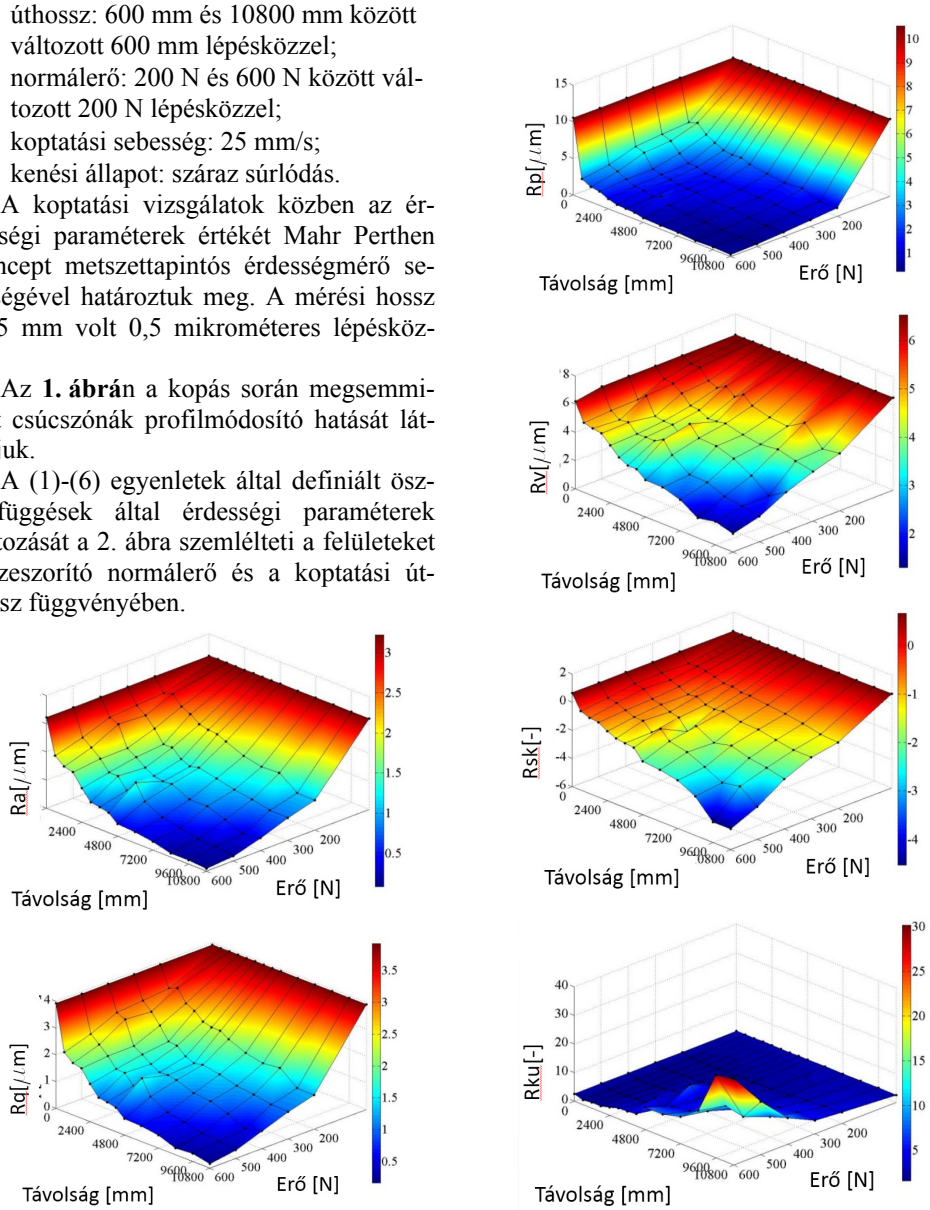
A vizsgált próbatestek ütőkéses gyártási technológiával készültek C45-ös normalizált acélból. A gyártáskor alkalmazott előtolás 0,2 mm volt. A koptatási kísérletnél alkalmazott beállítások:

- úthossz: 600 mm és 10800 mm között változott 600 mm lépésközzel;
- normálerő: 200 N és 600 N között változott 200 N lépésközzel;
- koptatási sebesség: 25 mm/s;
- kenési állapot: száraz súrlódás.

A koptatási vizsgálatok közben az érdességi paraméterek értékét Mahr Perthen Concept metszettapintós érdességmérő segítségével határoztuk meg. A mérési hossz 12,5 mm volt 0,5 mikrométeres lépésközzel.

Az **1. ábrá**n a kopás során megsemmisült csúcszónák profilmódosító hatását láthatjuk.

A (1)-(6) egyenletek által definiált összefüggések által érdességi paraméterek változását a 2. ábra szemlélteti a felületeket összeszorító normálerő és a koptatási úthossz függvényében.



2. ábra. *Az érdességi paraméterek változása a kopási folyamat során*

4. Következtetések

A 2. ábrán látható, hogy az átlagos érdesség és a közepes mértani eltérés az erő és a koptatási úthossz függvényében hasonlóan változik. Ez annak köszönhető, hogy (1) és (2) alapján az Rq értéke bár érzékenyebb a lokális hibákra, de a koptatás során

a csúcs és völgyzónában nem voltak lokális hibák (az abráziós szemcsék nem módosították a völgyzónát).

A csúcs és a völgyzóna magassága bár minden méréskor csökkent, de a völgyzóna változása lassúbb mértékű, mert a csúcszóna folyamatosan szélesedett az abráziós kopás miatt.

A ferdeségi és a lapultsági mérőszámok a kopási intenzitást jól jellemzik: a folyamatos magzóna megsemmisülés miatt az Rsk értéke folyamatosan csökkent az Rku növekedése mellett. Ez a folyamat annak a hatásnak köszönhető, hogy a középvonal folyamatos lefelé tolódása mellett lokális hibák nem zavarták meg a mérési eredményeket.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kári-Horváth, A., Valasek I.: *Machining: some new aspects*, R&D Mechanical Engineering Letters, 2009. 75-87.

[2] Kári-Horváth, A. ; Valasek, I.: *Demand of Energy for Chip Detachment, Materials Science*, Testing and Informatics, 2010. 489-497.

[3] Sipos, S.; Palásti K., B.; Horváth, R. (2010): *Environmental-Friendly Cutting of Automotive Parts, Made of Aluminium Castings,* Hungarian Journal of Industrial Chemistry 38:(2), 99-105.

[4] Horváth, R.; Palásti K., B.; Sipos, S. (2011): *Optimal tool selection for environmental-friendly turning operation of aluminium,* Hungarian Journal of Industrial Chemistry 39(2), 257-263.

[5] Zsidai, L.; De Baets, P.; Samyn, P.; Kalácska, G.; Van Peteghem, A.P.; Van Parys, F. (2002): *The tribological behaviour of engineering plastics during sliding friction investigated with small-scale specimens*, Wear 253, 673–688.

[6] Rodregues, V.; Sukumaran, J.; Ando, M. (2011*): Roughness measurement problems in tribological testing,* Sustainable construction & design 2:(1), 115-121.

[7] Ando, M.; Sukumaran, J. (2012): *Effect on Friction for Different Parameters in Roll–Slip of Polyamide–Steel Nonconformal Contacts*, Tribology transactions 55:(1), 109-116.

[8] Sukumaran, J.; Ando, M.; Rodregues, V.; De Baets, P.; Neis, P. D.(2011): *Friction torque, temperature and roughness in roll-slip phenomenon for polymer –steel contacts,* Mechanical engineering letters: R&D: Research & Development 5, 7-16.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 75–78. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.11
http://hdl.handle.net/10598/28669

A LOGTREEMM SZEMLÉLTETÉSE

DEMONSTRATION OF THE LOGTREEMM

Bera Bálint[1], Pokorádi László[2]

[1] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi hallgató, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; +36 30 5911456 balintbera@gmail.com*

[2] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi tanár, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; +36 30 9194929 pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

During technical education it is a very difficult and essential task to develop good logical engineering thinking of students or pupils. One main part of this thinking is to determine the optimal set of required input parameters of the calculation task mentioned above. The LogTreeMM (Logical Tree of Mathematical Modelling) method can help to solve this task. The aim of this paper is to show a this method to determine required parameters of a mathematical model or a simple calculation of physics.

Keywords: *mathematical model, logical tree, STEM education.*

Összefoglalás

A mérnöki tantárgyak oktatása, tanulás közben fontos feladat, az adott tananyag elsajátításán túl, a hallgatók logikus műszaki problémamegoldó gondolkozásának kialakítása. Ezt segítheti elő jelen tanulmány szerzőinek egyike által nemzetközi folyóiratban publikált LogTreeMM – Logical Tree of Mathematical Modelling (a matematikai modellezés logikai fája) feladatelemző módszer. A cikk ezen eljárást szemlélteti egy egyszerű fizikai példán keresztül.

Kulcsszavak: *matematikai modell, logikai fa, STEM képzés.*

1. Bevezetés

A természettudományi és műszaki jellegű tantárgyak oktatásának egyik legfontosabb feladata – az adott tantárgy tananyagának elsajátítatásán túl – a hallgatók, azaz a leendő mérnökök logikus műszaki problémamegoldó gondolkozásának kialakítása, erősítése. Egyre jelentősebb mértékben terjed az angol nyelvű műszaki, tantárgy-pedagógiai szakirodalomban az úgy nevezett STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education kifejezés. A STEM oktatás a tanítás-tanulás rendszerének olyan megközelítése, amely integrálja a természettudomány, a technológia, a mérnöki ismeretek, és a matematika tartalmát, valamint a hozzájuk kapcsolódó készségek fejlesztését segíti elő [1].

Ezen készségek és képességek kifejlesztését képes elősegíteni jelen tanulmány szerzőinek egyike által nemzetközi folyóiratban már publikált LogTreeMM – Logical Tree of Mathematical Modelling (a matematikai modellezés logikai fája) modellezési feladatelemző módszer [3]. A módszer lényegében a műszaki megbízhatóság, kockázatkezelés, illetve minőségbiztosítás területein közismerten alkalmazott hibafa elemzés adaptációja. A csúcsese-

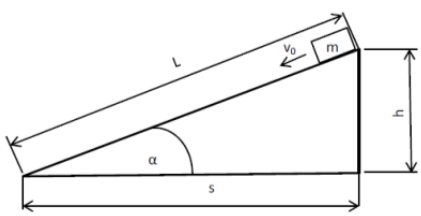
ménnyel analóg a meghatározandó (matematikai szempontból függő) változó. Míg a közvetlenül ismert vagy meghatározható (matematikailag független) úgynevezett alapváltózók, alapmennyiségek a hibafa alapeseményeivel egyeznek meg.

A cikk ezen eljárást szemlélteti egy egyszerű egyetemi fizikai példán keresztül.

2. Esettanulmány

A LogTREEMM közérthető szemléltetéséhez egy egyszerű mozgástani példát alkalmazunk. Választásunk azért esett erre, mert a számítási menet megértése nem kíván mélyebb ismereteket semmilyen speciális műszaki vagy természettudományos területen, ám mégis bemutatható a logikai fa minden eleme. Elvünk induktív, tehát a módszer a kézzel fogható példán keresztül hivatott értelmet nyerni.

Gelencsér tankönyvéből [2] választott példa szerint adott egy m tömegű pont, melyet egy lejtő felső pontjáról v_0 kezdősebességgel elindítunk. Meghatározandó a tömegpont E_m mozgási energiája a lejtő alján.



1. ábra. *A megoldandó példa szemléltetése*

Első lépésként vegyük számba, milyen fizikai összefüggéseket lehet alkalmaznunk a mozgási energiamennyiség meghatározásához, és ezeket hogyan tudjuk matematikai formába önteni.

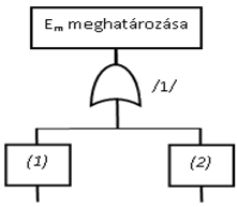
Az E_m kiszámítását két módon végezhetjük el:

$$E_m = \frac{1}{2} m v_0^2 + mgL\sin\alpha \qquad (1)$$

VAGY

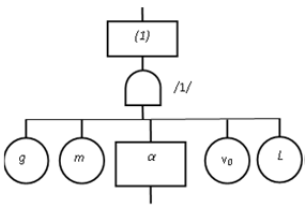
$$E_m = \frac{1}{2} m v_0^2 + mgh \qquad (2)$$

annak függvényében, hogy mely adatokat ismerjük vagy ismerhetjük meg, illetve a lejtő sajátosságai alapján. Ezt a logikai ***VAGY*** kapcsolatot, melyet /1/-el jelölünk, a **2. ábra** szemlélteti.



2. ábra. *Az /1/ logikai kapcsolat szemléltetése*

Az (1) összefüggés ágán tovább haladva kell meghatároznunk a megoldáshoz szükséges paramétereket. Azaz ismernünk kell az m tömeget ***ÉS*** az L úthosszt ***ÉS*** v_0 kezdő sebességet ***ÉS*** a g nehézségi gyorsulást ***ÉS*** az α lejtésszöget. Az első négy közvetlen módon meghatározható (mérhető vagy empirikusan elfogadott értékű), így ezek úgynevezett alapváltozók lesznek.



3. ábra. *A /2/ logikai kapcsolat szemléltetése*

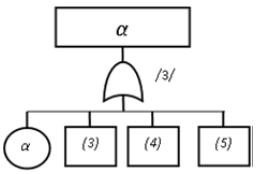
Lehetséges, hogy a lejtő hajlásszöge nem alapváltozó, hanem más adatokból, úgynevezett közbülső változókból, származtatható valamely szögfüggvény segítségével. Az α lejtésszög tehát ***VAGY*** előre meghatározott, alapváltozó, ***VAGY*** a h indulási magasság és L úthossz, ***VAGY*** az L úthossz és s vízszintes vetülete, ***VAGY*** a h indulási magasság és az úthossz s vízszintes vetülete függvényében határozható meg.

Ezt szemlélteti a /3/ logikai kapcsolat.

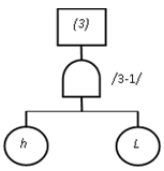
$$\alpha = \arcsin\frac{h}{L} \qquad (3)$$

$$\alpha = \arccos\frac{s}{L} \qquad (4)$$

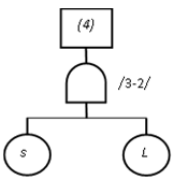
$$\alpha = arctg\frac{h}{s} \qquad (5)$$



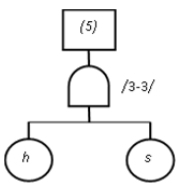
4. ábra. *A /3/ logikai kapcsolat szemléltetése*



5. ábra. *A /3-1/ logikai kapcsolat szemléltetése*



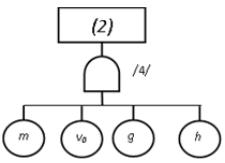
6. ábra. *A /3-2/ logikai kapcsolat szemléltetése*



7. ábra. *A /3-3/ logikai kapcsolat szemléltetése*

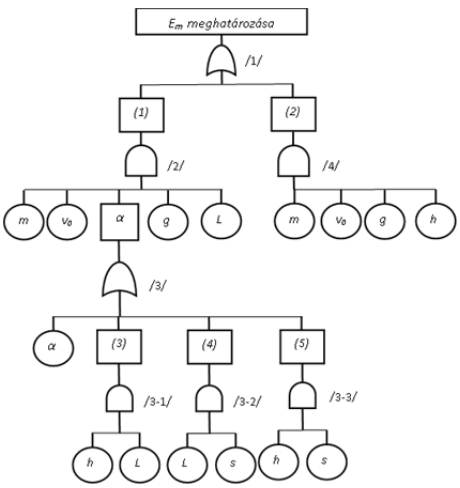
Így az (1) minden ágában eljutottunk az alapváltozókig. Azonban ezt az összefüggést csak abban az esetben használhatjuk, ha a pálya lejtésszöge állandó. Ezért – adott esetekben – a feladat csak a (2) összefüggés alapján oldható meg.

A (2) összefüggés kiszámításához szükséges négy paraméter ismerete, ami a /4/ jelű ***ÉS*** logikai kapcsolatot jelenti. Azaz ismernünk kell az *m* tömeget ***ÉS*** v_0 kezdősebességet ***ÉS*** az indulási pont *h* magasságát ***ÉS*** a *g* nehézségi gyorsulást. Ezek közül mindegyik alapváltozó, tehát a (2) összefüggés minden szükséges paraméterét meghatároztuk.



8. ábra. *A /4/ logikai kapcsolat szemléltetése*

A feladat teljes logikai fája a 9. ábrán látható.



9. ábra. *A teljes logikai fa*

Miután meghatároztuk a mérhető és nem mérhető, de a feladat megoldásához szükséges paramétereket, összefoglalhatjuk őket halmazműveletek segítségével. Ehhez elsőként mindegyik logikai kapcsolathoz tartozó alapváltozók halmazait kell meghatároznunk.

$$x_1 = \varnothing \qquad (6)$$

$$x_2 = [v_0;\quad g;\quad L;\quad m] \tag{7}$$

$$x_{3-0} = [\alpha] \tag{8}$$

$$x_{3-1} = [h;\quad L] \tag{9}$$

$$x_{3-2} = [s;\quad L] \tag{10}$$

$$x_{3-3} = [h;\quad s] \tag{11}$$

$$x_4 = [m;\quad v_0;\quad g;\quad h] \tag{12}$$

A feladat lehetséges megoldásaihoz szükséges alapadatok meghatározásához a teljes logikai fa láncolataiban szereplő logikai kapcsolatok alapváltozói halmazának unióját kell képeznünk. Azaz esetünkben:

$$x_A = x_1 \cup x_2 \cup x_{3-0} = [v_0;\quad g;\quad L;\quad m;\quad \alpha] \tag{13}$$

$$x_B = x_1 \cup x_2 \cup x_{3-1} = [v_0;\quad g;\quad L;\quad m;\quad h] \tag{14}$$

$$x_C = x_1 \cup x_2 \cup x_{3-2} = [v_0;\quad g;\quad L;\quad m;\quad s] \tag{15}$$

$$x_D = x_1 \cup x_2 \cup x_{3-3} = \\ = [v_0;\quad g;\quad L;\quad m;\quad h;\quad s] \tag{16}$$

$$x_E = x_1 \cup x_4 = [m;\quad v_0;\quad g;\quad h] \tag{17}$$

A fentiekben meghatározott alapváltozó halmazok ismeretében az alábbi következtetéseket tudjuk levonni az adott fizikai példa megoldásával kapcsolatban:

a) a kitűzött feladat, a test mozgásmennyiségének meghatározására öt megoldás lehetséges, melyekhez a szükséges adatokat az x_A; x_B; x_C; x_D és x_E halmazok adják meg;
b) a megoldáshoz szükséges legtöbb adatot az x_D halmaz tartalmazza, amely az (1) és (5) egyenletek alkalmazását jelenti;
c) a megoldáshoz szükséges legkevesebb adatot az x_E halmaz tartalmazza;
d) a „legrövidebb” megoldást a logikai fa (2) egyenlethez tartozó ága mutatja, mely egyben megegyezik a legkevesebb szükséges adathoz tartozó megoldással;
e) a „leghosszabb” megoldást a logikai fa (1)-(3); (1)-(4) és (1)-(5) egyenletek által megadott ágai adják meg.

Meghatározhatjuk még a fenti halmazok x_{min} metszete is, mely azon jellemzők halmazát adja meg, melyek ismerete feltétlen szükséges a feladat megoldásához.

$$x_{MIN} = x_A \cap x_B \cap x_C \cap x_D \cap x_E = \\ = [v_0;\quad g;\quad m] \tag{18}$$

3. Összegzés

Tanulmányunk egy egyszerű esetpéldán keresztül szemlélteti a matematikai modellezés, a modell felállításához szüksélges jellemzők meghatározásának logikai fát alkalmazó módszerét.

A Szerzők további célja több, hasonló mintapélda kidolgozása, valamint ezen példák alkalmazásának bevezetését a műszaki felsőoktatásban. Például az Óbudai Egyetem Bánki Karán folyó különböző szintű és nevű rendszertechnika kurzusok oktatása során.

Tisztelt Olvasó!

Ha a tanulmány olvasása közben az adott példára más megoldást is kigondolt, akkor a munkánk már elérte célját.
Köszönjük!

A Szerzők

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bybee, Rodger W.: *What Is STEM Education?*, Science, Vol. 329. 2010. 996. oldal

[2] Gelencsér Endre: *Mozgástan zárthelyi feladatok BSc*, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő:2014. 124 oldal

[3] Pokorádi László: *Logical Tree of Mathematical Modeling*, Theory & Application of Mathematics & Computer Science 2015/1. 20–28 oldal.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 79–82. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.12
http://hdl.handle.net/10598/28597

JÁRMŰKAROSSZÉRIA VÁZSZERKEZETI ELEMEK KÉPLÉKENYALAKÍTÁSA

FORMING OF VEHICLE-FRAME ELEMENTS

Béres Gábor[1], Danyi József[1], Végvári Ferenc[1]

[1]*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai KAR, Anyagtechnológia Tanszék, Magyarország, 6000. Kecskemét, Izsáki út 10. Telefon: +36-76/516377, levelezési cím, beres.gabor@gamf.kefo.hu*

Abstract

The motor of automotive materials' developers is to reduce the car weight, and increase the energy absorption at the same time. Possibilities to decrease car body structures, seems to be using of higher strength steels, and formed tubes as parts of the loaded elements. The manufacturing of tubes, with constantly variable cross-sections along the longitudinal axis requires special technologies. There are many different forming technologies of modern tube forming, in which the force-transmitter mediums differ. This report presents the results of the experimental work of tube forming by high inner pressure, with different transmitter medium.

Keywords: *vehicle-body, hydroforming, elastic medium, explosion forming.*

Összefoglalás

A fejlett járműkarosszéria megoldásoknak köszönhetően valós cél, a komoly energia elnyelő képességgel rendelkező, csökkentett súlyú járművek megalkotása. A célnak megfelelően úttörő szereppel bírnak, az egyre nagyobb szilárdságú acélok kifejlesztésére törekvő anyag-, és a szerkezeti elemek keresztmetszeti tényezőjének növelését célzó alapkutatások. Ennek felismerése tette lehetővé a vázszerkezet teherhordó elemeinek, csőszerű, zárt profilú termékekből történő gyártását. A hossztengelyük mentén, akár folyamatosan változó keresztmetszetű csövek különböző alakra, illetve méretre való kényszerítése sok esetben különleges technológiát igényel. A modern csőformázásnak több módszere ismert, melyek közötti fő különbséget az energia-átadó közeg adja. Kutatásunk során, csövek képlékenyalakítását végeztük nagy belső nyomással, és különböző mechanikai tulajdonságokkal rendelkező energia-átadó közegek felhasználásával.

Kulcsszavak: *járműkarosszéria, hydroforming, rugalmas közeg, robbantásos alakítás.*

1. Bevezetés

A járműipar nagy mennyiségben használ fel különböző anyagminőségű, keresztmetszetű és falvastagságú csöveket. Alkalmazásuk a kerékpár, a motorkerékpár, sőt a gépjárművek vázszerkezetének építésében is jelentős. A csövek alakítására, tágítására, keresztmetszetük és keresztmetszeti tényezőjük megváltoztatására alkalmazható eljárások:

- a belső nyomással végzett alakítások (hydroforming, vagy rugalmas közeggel történő alakítás),
- az elektrodinamikus (elektro-hidraulikus, elektromágneses) alakítások,
- és a robbantásos alakítás.

Nagyméretű lemezalkatrészek gyártásánál, ahol a kis darabszám a

felszerszámozást gazdaságtalanná tenné, mint például a repülőgépgyártás esetén, már a múlt században is alkalmazták a rendszerint a negatív formát helyettesítő gumipárnás, rugalmas közeggel történő alakítást. [1] A Kecskeméti Főiskola Anyagtechnológia Tanszéke is jelentős tapasztalatokkal, nagyszámú kísérleti eredménnyel rendelkezik, elsősorban rugalmas közeggel történő mélyhúzás területén [2]. A merev szerszámokkal történő alakításokkal szemben, rugalmas közeg alkalmazása esetén a lemez síkjára merőlegesen is ébred nyomó feszültség. Így ezeket a technológiákat a tudomány, a feszültségi állapot hatását kihasználó eljárások közé sorolja [4].

Kísérleteinkben rugalmas közeggel, poliuretán párnával, illetve robbantással történő csőtágítást valósítottuk meg.

2. Csőtágítás rugalmas közeggel

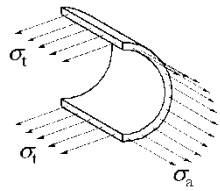
A kísérleteket Ø30x1mm falvastagságú S235JR anyagminőségű acélcsöveken végeztük. A csőből kimunkált próbatestekkel meghatároztuk azok mechanikai tulajdonságait (**1. táblázat**). Az erőátadó közeg 25 és 46 ShoreD keménységű poliuretán henger volt.

1. táblázat. *Az alakított darabok mechanikai tulajdonságjellemzői*

$R_{p0,2}$	R_m	A_{80}
[N·mm^{-2}]	[N·mm^{-2}]	[%]
307	425	29

2.1. Az alakítás erőszükségletének meghatározása

Az alakításhoz szükséges nyomóerő számításához a kazánformulát használtuk.



1. ábra. *A csőfalban ébredő axiális, és tangenciális feszültségek*

A kazánformula szerint a σ_t feszültség az alábbiak szerint számítható:

$$\sigma_t = \frac{D \cdot p}{2s} \qquad (1)$$

ahol:

- σ_t - a csőfalban ébredő tangenciális húzófeszültség [MPa];
- D - a cső külső átmérője [mm];
- p - a belső nyomás [MPa];
- s - a cső falvastagsága [mm].

A megengedhető legnagyobb tangenciális feszültség ismert, hiszen megegyezik a mért szakítószilárdsággal. Az (1) összefüggésből kiszámítható az alkalmazható maximális nyomóerő mértéke:

$$p_{max} = \frac{2s \cdot R_m}{D} \qquad (2)$$

Számításaink alapján p_{max}=28MPa. Irodalmi adatok és saját méréseink szerint [2, 3] a nyomás alatti poliuretán párnában a nyomáseloszlás nem teljesen felel meg a Newtoni folyadékban fellépő állapotnak. Méréseink során kimutattuk, hogy a köpenyben ébredő oldalirányú nyomás csak mintegy 0,8...0,9-szerese az axiális irányban ható nyomásának. Ha a középértékkel számolunk (0,85), a poliuretán párna axiális irányú nyomása:

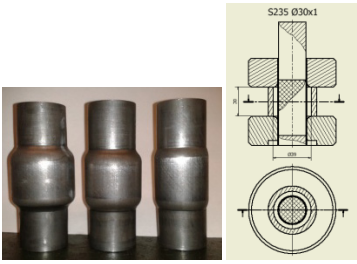
$$p_0 = p_{max}/0{,}85 = 32{,}94 \text{ [MPa]} \qquad (3)$$

Az axiális irányú csövet felszakító nyomóerő, Ø28mm nyomott felület esetén ~20300N.

2.2. Hengeres alakra történő tágítás

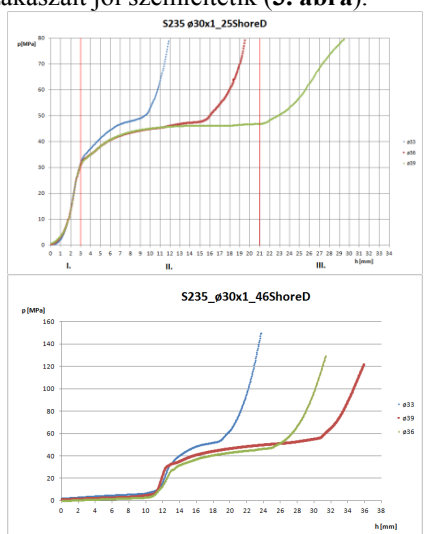
A különböző átmérőjű (Ø33, Ø36, és Ø39) hengeres darabok, és az azok elkészí-

téséhez gyártott szerszám vázlata a **2. ábrán** látható.



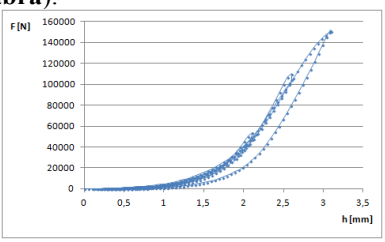
2. ábra. *Különböző átmérőre tágított darabok, és a tágításhoz használt szerszám*

Az alakítás közben rögzítettük az erő-út diagramokat, amik a deformáció különböző szakaszait jól szemléltetik (**3. ábra**).



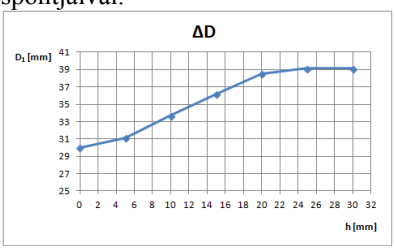
3. ábra. *Eltérő ShoreD keménységű közeggel tágított darabok nyomás-út diagramja*

A diagramokból megállapítható, hogy az erő-átadó közeg tulajdonságainak változása nincs hatással a diagram egyenletes alakváltozás szakaszának (II) és a formakitöltés kényszerítés szakaszának (III) jellegére. A különbség az I.-es szakaszban, a közeg karakterisztikájára jellemző felfutásban (ami egy időben a cső rugalmas alakváltozását eredményezi) jelentkezik. Az egyes szakaszokban lejátszódó rugalmas, képlékeny, és nem egyenletes képlékeny alakváltozások közötti átmenet, illetve azok jellemzői, a tágítás folyamata közbeni leterheléssel (**4. ábra**), és a darabok legnagyobb átmérőjének mérésével vizsgálhatók (**5. ábra**).



4. ábra. *Alakítási hiszterézis diagramok*

Az alakítási hiszterézis diagramok egyértelműen kijelölik a képlékeny alakváltozás megindulását létrehozó nyomóerőt, ami megegyezik a **3. ábrán** látható diagramok ~30 MPa axiális nyomásnál jelentkező töréspontjaival.



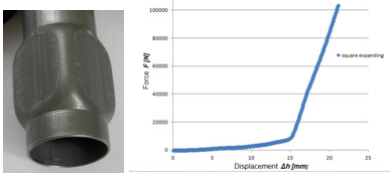
5. ábra. *A legnagyobb külső átmérő változása a tágítás során.*

A tágítás különböző szakaszaiból kivett minták átmérő növekedésének megváltozása azt a pontot jelöli ki, ahol az addig egyenletesen alakváltozó csőfal eléri a szerszám belső felületeit. Ettől a ponttól kezdve, a forma hibátlan kitöltéshez szükséges alakváltozások, csak egyre növekvő nyomással hozhatók létre.

2.2. Négyzetes alakra történő tágítás

A négyzetes keresztmetszetre alakított darabot és erő-út diagramját a **6. ábra** mutatja. A csőfal egyes részei, a képlékeny alakváltozás megindulását követően közvetlenül felfekszenek a szerszám belső felületére, így az egyenletes, és nem egyenletes

deformációs szakaszok nem különíthetők el élesen egymástól.



6. ábra. *Négyzetes alakítás*

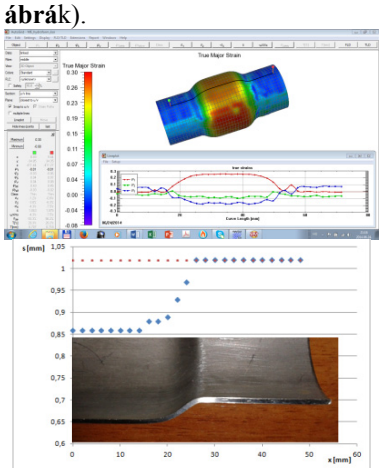
3. Robbantással történő csőtágítás

A robbantásos alakítás során a felszabaduló energiamennyiség, és annak alakító hatása nehézkesen tervezhető. A technológia beállítása sok kísérletet igényel.

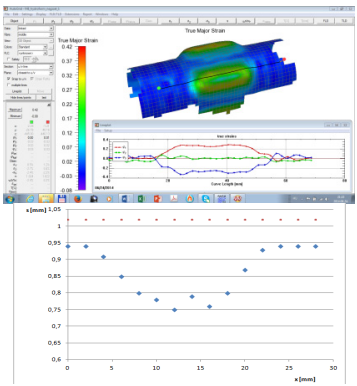
7. ábra. *Robbantással készült csődarabok*

4. Alakváltozások vizsgálata

Az egyes szegmensek alakváltozásának vizsgálatát mérőhálós darabokon, illetve a csövek metszeteiben vizsgáltunk. A mérőhálós elemzés, és a falvastagság mérés eredményei jó egyezést mutatnak (**8-as és 9-es ábrák**).



8. ábra. *Ø30-ról Ø39-re tágított darab főalakváltozásainak vizsgálata a hossztengely mentén*



9. ábra. *Ø30-ról □30-ra alakított darab mérőhálós vizsgálata és a falvastagság változása az egyik sarok környezetében*

5. Következtetések

Rugalmas erőátadó közegként alkalmazott poliuretán párnával, és robbantással alakított csövek képlékeny alakváltozásának jellege nem függ a közeg jellemzőitől. Míg a robbantásos alakításnál a főalakváltozások eloszlása kevésbé egyenletes, a poliuretán közeggel történő alakítás jól kézben tartható, drága szerszámozást nem igénylő technológia.

Szakirodalmi hivatkozások

1] Komarov, A.D.: *Stampovka Lisztovih i trubcstih detalej poliuretanom*. L. LDNTP, 1975., 36.

[2] Végvári, F.: *Sheetforming with elastic medium* – Doctoral Dissertation University of Miskolc 1995.

[3] Popov, E.A.: Osznovü teorii lisztovoj stampovki, Moszkva, 1977. Masinosztroenie

[4] Sheng, S., Tonghai, W.: *Research into the bulge forming of a tube under axial-radial compound forces and its application*, Journal of Materials Processing Technology 51 1995, sides 346-357

Köszönetnyilvánítás

A kútatómunka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 projekt részeként, Az Új Széchenyi Terv keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 83–86. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.13
http://hdl.handle.net/10598/28670

NAGYSZILÁRDSÁGÚ AUTÓIPARI LEMEZEK HAJLÍTÁSA, VISSZARUGÓZÁSI PROBLÉMAKÖRE

BENDING OF HIGH-STRENGTH AUTOMOTIVE SHEET MATERIALS, AND SPRING-BACK PROBLEMS

Béres Gábor[1], Danyi József[1], Végvári Ferenc[1]

[1]*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai KAR, Anyagtechnológia Tanszék, Magyarország, 6000. Kecskemét, Izsáki út 10. Telefon: +36-76/516377, levelezési cím, beres.gabor@gamf.kefo.hu*

Abstract

The main aim of the automotive material innovations is to reduce car weight. This is necessary for reducing fuel consumption and poison gas emission. It is possible by using of thinner but higher strength sheet materials. Generally the higher strength coupled with less formability, which would leads to further technological problems, such as spring-back after bending. The heavy loaded, and in passenger-safety aspect relevant elements frequently consist of welded sheets, so-called Tailor Welded Blanks. The components could have different strength and sometimes different thickness too. In those cases, the spring-back requires special attention.

Keywords: *automotive sheet materials, strength and ductility, spring-back.*

Összefoglalás

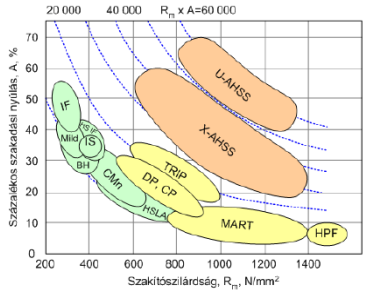
A járműipari anyagok fejlesztésének és alkalmazásuknak a célja a járművek tömegének csökkentése. A kisebb tömegű járművek üzemanyag fogyasztása kisebb, és kisebb az általuk kibocsátott mérgező gáz mennyisége is. A kisebb járműtömeg vékonyabb, de nagyobb szilárdságú anyagok, pl. lemezek alkalmazásával érhető el. Az új, nagyszilárdságú lemezek alakíthatósága viszont kisebb, mint a lágy anyagoké, ezért használatuk technológiai problémákat vet fel. Ilyen például az alakításnál bekövetkező visszarugózás. Gyakran alkalmazzák, az un. tailored, azaz hegesztett lemezeket. Ezeknél, az alakítandó darab terítéke különböző szilárdságú lemezek összehegesztésével készül. Ez esetben a hajlításnál jelentkező visszarugózás különösen nagy gondot okoz.

Kulcsszavak: *járműipari lemezek, szilárdság és alakíthatóság, visszarugózás.*

1. Bevezetés

A járműipar területén egyik legfontosabb kérdés a járművek tömegének csökkentése. Ezzel ugyanis kisebb üzemanyag fogyasztás és kisebb káros anyag kibocsátás érhető el. Fontos azonban, hogy a kisebb tömegű jármű is megfelelő védelmet biztosítson a gépkocsival utazók számára. Ha a jármű teherhordó vázelemei vékonyabb lemezből készülnek, a lemezanyagnak feltétlenül nagyobb szilárdságúnak kell lennie. Az utóbbi időben rendkívüli fejlődés volt tapasztalható az új, nagyszilárdságú (HSS), sőt, az ultra nagyszilárdságú (UHSS) lemezanyagok kifejlesztése területén. A lemezanyagok szilárdságának növelésével együtt jár alakíthatóságuk csökkenése. Ez a

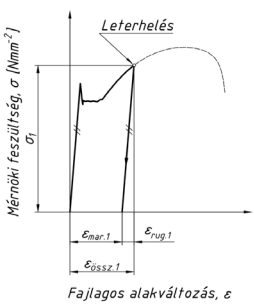
lemezek feldolgozása során gondot okozhat (**1. ábra**). [1]



1. ábra. *A járműiparban használt lemezanyagok*

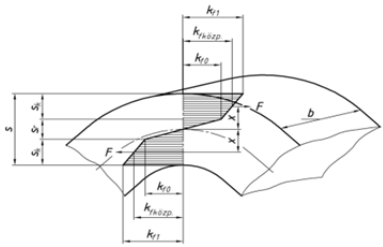
1.1. Lemezek visszarugózása hajlításnál

A gyakorlatban alkalmazott szerkezeti anyagaink képlékeny alakítással történő megmunkálása során, a darab alakváltozása rugalmas és képlékeny alakváltozási komponensekből tevődik össze. A terhelő, alakító erő megszűnésekor az összalakváltozás rugalmas összetevője csökken, amely következtében az alakított darab mérete megváltozik. Ez egyszerűen szemléltethető pl. egy lágyacél próbatest szakító diagramján (**2. ábra**). [2]



2. ábra. *Rugalmas és képlékeny alakváltozás szakítóvizsgálatnál*

A hajlító szerszámban meghajlított lemez, az erő megszűnése után kinyílik, visszarugózik. A műveletre jellemző feszültségi és alakváltozási állapotból adódóan, a hajlított lemezben az ún. semleges szál környezetében mindig marad egy rész (s_r), amely csak rugalmas alakváltozást szenved (**3. ábra**). Ez a része a lemeznek, próbál kiegyenesedni, az általa képviselt nyomatékkal nyit is a hajlított lemezen, ezzel hozzájárul a lemez visszarugózásához. Mivel azonban a rugalmasan alakváltozott réteg, csak kis része a lemezvastagságnak, a lemez kiegyenesedni nem tud, maradó feszültség keletkezik a hajlított darabban.



3. ábra. *A hajlított lemezben ébredő érintő irányú feszültségek*

Ahhoz, hogy az előírt munkadarabot méret és alakpontosan állítsuk elő, a visszarugózás mértékét, illetve mértékének függését a technológiai és szerszámozási paraméterektől és az alakított anyag tulajdonságaitól, ismerni kell. Ennek birtokában lehet ugyanis több ismert módszer alkalmazásával - túlhajlítással, vasalással stb. - kiküszöbölni vagy mérsékelni a visszarugózás okozta alak és méret hibát.

2. A visszarugózási szög kísérleti úton történő meghatározása

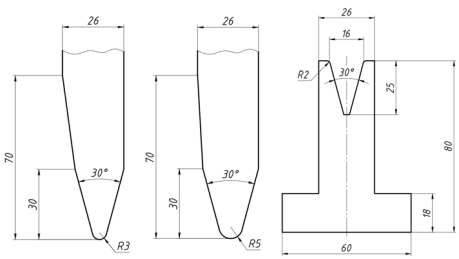
A szakirodalomban található több, jól használható összefüggéssel a visszarugózási szögek számítással meghatározhatók [2,3]. Ennek ellenére, a gyakorlatban célszerű a sorozatgyártás megkezdése előtt próbahajlítást végezni. Rontja ugyanis a számítások megbízhatóságát több, az összefüggésekben figyelembe nem vehető körülmény. Ilyen lehet a lemezanyagok alakíthatósági tulajdonságaiban való szórás.

A vizsgált lemezek - mélyhúzó és DP-s lemezek (**1. táblázat**) - visszarugózási szögei, 3 és 5 mm-es sugáron történő hajlítások esetén, viszonyítási alapot szolgáltat-

hatnak a hegesztett lemezeken mérhető értékeket illetően. A hajlító műveleteket AMADA HFE-50-20 típusú CNC vezérlésű gépen végeztük a **4. ábrán** látható szerszámpárokkal.

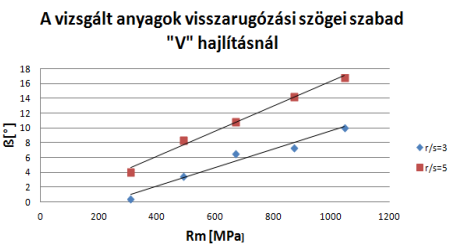
1. táblázat. *Homogén lemezek szabad hajlításnál kapott visszarugózási szögei*

Anyag	s [mm]	Rp0.2 [Mpa]	Rm [Mpa]	A80 [%]	Z [%]	n	r	β [°]	
								r/s=3	r/s=5
DC04	1	180	310	43,0	55,0	0.221	1,14	0°25'	4°
DP450	1	300	490	27,0	60,2	0.160	1,08	3°30'	8°20'
DP600	1	450	670	18,7	60,0	0.140	0.788	6°35'	10°50'
DP800	1	600	870	13,7	53,7	0.102	0.758	7°20'	14°10'
DP1000	1	780	1045	11,3	50,0	0.057	0.733	10°	16°45'



4. ábra. *Hajlító szerszámok*

A táblázat adataiból és az **5. ábrán** a diagramból is látható a lemezanyag szilárdsága és a hajlítási sugár szerepe a visszarugózás mértékét illetően.

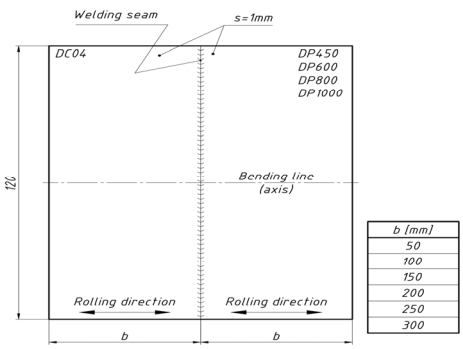


5. ábra. *Homogén lemezek visszarugózási szögei*

3. Visszarugózás hegesztett lemezek hajlításánál

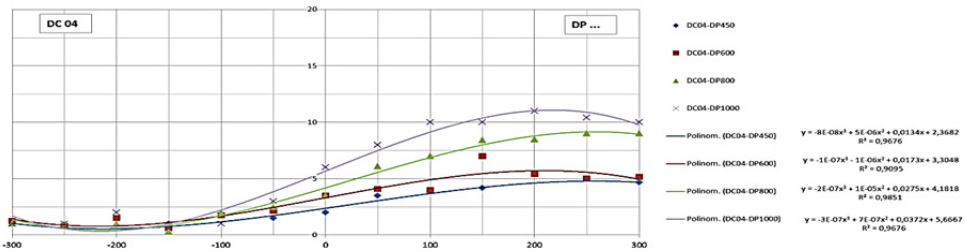
Sok esetben készülnek jármű karosszéria elemek különböző szilárdságú (egyes esetekben különböző vastagságú vagy eltérő bevonatú) lemezek összehegesztésével előállított terítékekből. Ezeknél a terítékeknél különös jelentőséggel bír, és az eddigieknél is több figyelmet igényel a visszarugózás, kiváltképp a szerelő műveletek automatizálhatósága szempontjából. [4]

Hegesztett lemezek visszarugózásának vizsgálatára a **6. ábrán** látható próbatesteket készítettünk. A hegesztett próbatestek hosszúsága a hajlítás tengelyével párhuzamos irányban 100, 200, 300, 400, 500, 600 mm volt. A visszarugózási szöget a varrat közvetlen közelében is mértük.

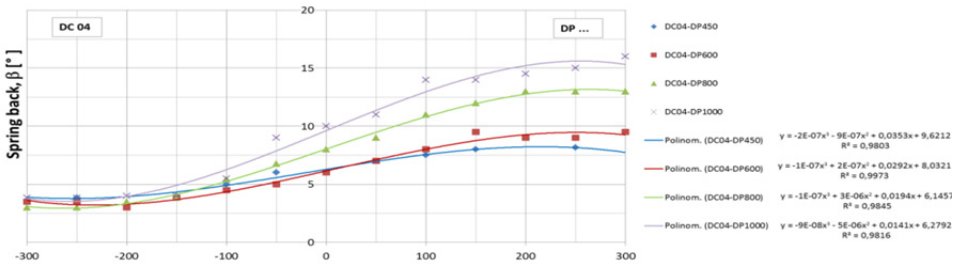


6. ábra. *Hegesztett lemezek visszarugózásának méréséhez készített próbatest*

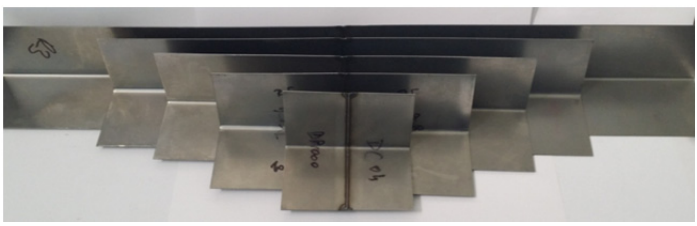
A hegesztett lemezek visszarugózási szög értékei a **7.** és a **8. ábrán**, a hegesztett és meghajlított lemezek pedig a **9. ábrán** láthatók.



7. ábra. *Hegesztett lemezek visszarugózása 3mm-es hajlítási sugárnál*



8. ábra. *Hegesztett lemezek visszarugózása 5mm-es hajlítási sugárnál*



9. ábra. *Hegesztett lemezek hajlítás után*

4. Következtetések

Kísérleteinkből beigazolódott, hogy:

- a különböző szilárdságú hegesztett lemezek egyesítésének helyén a visszarugózási szög értéke jó közelítéssel a két lemezen mért visszarugózási szögek középértéke;
- hajlított alkatrészek gyártása szempontjából fontos információ, hogy a hegesztés vonalától 200-300 mm távolságra a lemezrészek egymásra hatása már nem jelentős;
- ez azonban azt is jelenti, hogy a hegesztett lemezek nem csak mérethibásak lehetnek, de a különböző mértékű vissza-rugózás alakhibát is okoz.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] ThyssenKrupp Steel Europe

[2] Danyi, J., Végvári, F.: *Járműgyártás és fenntartás*, Elektronikus tankönyv, 2011.TÁMOP-4.1.2./A/2-10/1 2010-0018.

[3] Oehler. G, Kaiser. H.: *Vágó-, sajtoló- és húzószerszámok*. Műszaki kiadó, Budapest 190.-194. oldal

[4] http://incar.thyssenkrupp.com/4_02_060_QT03_Sitzquertraeger-TB.html?lang=en

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 projekt részeként, Az Új Széchenyi Terv keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 87–90. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.14
http://hdl.handle.net/10598/28598

ZAJTÉRKÉPEZÉSI VIZSGÁLATOK SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSSEL

NOISE MAPPING EXAMINTAIONS BY COMPUTER MODELLING

Bertalan Nikolett[1], Kocsis Dénes[2], Fórián Sándor[3]

[1] *Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +3620/3632907; nikibertalan@gmail.com*

[2] *Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; kocsis.denes@eng.unideb.hu*

[3] *Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; forian@eng.unideb.hu*

Abstract

In our work we measured and compared the effects of the noise exposure of Bocskai Square in Hajduboszormeny with computer modelling during the reconstruction. In our series of research measurements were executed in the town centre at different times. For the examination of the current status sampling traffic counts of the surrounding streets were done. We completed the current condition's survey with the determination of the sampling traffic count of the surrounding streets. Noise maps were generated by the full version of a noise mapping software both for day and night. To illustrate the changes of noise exposure in the examined area difference maps were calculated from the noise maps. We examined the population involvement by statutory requirements. By the use of the completed noise map conflict maps were prepared, which can be used for the action plan.

Keywords*: noise exposure, modelling, noise map, population involvement.*

Összefoglalás

Munkánk készítése során számítógépes modellezés segítségével felmértük és összehasonlítottuk a hajdúböszörményi Bocskai tér átépítésének zajterhelésre gyakorolt hatásait. A vizsgálataink során több időpontban méréseket is végeztünk a város központjában. A jelenlegi állapot vizsgálatát kiegészítettük a környező utcák forgalmának mintavételes forgalomszámláláson alapuló meghatározásával. Zajtérkép készítő program teljes verziójával zajtérképeket készítettünk el nappali és éjjeli időszakra egyaránt. Ezt követően az elkészült zajtérképek felhasználásával egy különbség térképet készítettünk el, annak érdekében, hogy a vizsgált terület zajterhelésének változását szemléltetni tudjuk. Jogszabályi előírásnak megfelelően lakossági érintettséget is vizsgáltunk. Az elkészült zajtérképek felhasználásával konfliktustérképeket készítettünk el, melyek az intézkedési terv elkészítéséhez használhatóak fel.

Kulcsszavak: *zajterhelés, modellezés, zajtérkép, lakossági érintettség.*

1. Bevezetés

A világ népességének növekedése, az urbanizáció, az ipar folyamatos fejlődése, valamint a közlekedés is hozzájárul ahhoz, hogy korunk egyik legnagyobb problémája a zajártalom legyen. Mára a zajos környezet már mindenkire megterhelést jelent [1,2].

A stratégia zajtérkép egy terület előrejelzése vagy egy átfogó értékelése a zajnak való kitettség szempontjából. Az elkészült térképek megjelenítik a terhelés okozta problémákat, a túllépés mértéket, a konfliktushelyzeteket [3,4,5].

2. Anyag és módszer

2.1. Helyszín

A vizsgálati helyszín Hajdúböszörmény központja, ahol főként közintézmények, oktatási intézmények találhatóak. A téren két nagyobb forgalmat lebonyolító útszakasz halad keresztül.

2012 őszén kezdetét vette a főtér rekonstrukciója. Szökőkút épült, sétálóutcát, parkot és szabadtéri színpadot alakítottak ki. Az építkezés alapelvárása közé tartozott a tér gépkocsiforgalomtól való tehermentesítése.

2.2. Mérés kivitelezése

A vizsgálatok során több mérést is végeztünk mind nappali és éjjel időszakra vonatkozóan. A mérések során SVAN 947-es és SVAN 943-as típusú mérőműszert használtunk.

A mérési pontok kijelölése a védendő homlokzattól 2 méterre 1,5 méteres magasságban történt. A mérési pontok a tér 5 különböző helyén találhatóak, amelyek a következőek:

– Polgármesteri Hivatal;
– Bocskai István Gimnázium;
– Bocskai István Általános Iskola;
– Sillye Gábor Művelődési Központ;
– Kertész László Városi Könyvtár.

A mérési pontokon háromszor 10 perces méréseket végeztünk két műszer párhuzamos használatával. A megkapott eredményeket logaritmikusan átlagoltuk, melyeket a későbbi vizsgálatok során használtunk fel.

A zajmérési eredményeinket manuális forgalomszámlálási adatokkal is kiegészítettük.

2.3. Stratégia zajtérkép készítés

A mért eredmények szemléltetésére zajtérképet készítettünk el IMMI 2013 zajtérkép készítő program teljes verziója segítségével. Hajdúböszörmény város szabályozási tervéből a vizsgált terület épületeinek alaprajzait AutoCAD program segítségével feldolgoztuk és átalakítottuk az IMMI számára kompatibilis adathalmazzá. Az alaptérképet az IMMI-be importálva az épületek vonalai már meg voltak csak elemtípust és magassági értéket kellett házzá rendelnünk.

Az utak felülrajzolása MSZ 15036-os szabvány alapján történt meg. Meghatározandó paraméterek a forgalmi adatok, az út/forgalom jelleg kategória, akusztikai érdességi kategória, valamint a mértékadó sebesség.

A programban többféle számítás folyamat is végezhető például: rácsszámítás, pontszámítás, homlokzati zajterhelés számítás. Az elkészült térképeken a zajterhelés előírás szerint DIN 18005-ös színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel szerepel.

3. Eredmények

3.1. Építkezés előtt

Az építkezés előtti állapotra vonatkozó zajtérkép elkészítése során az alaptérképet rajzoltuk tovább a korábbi állapotoknak megfelelően. Az utakat a közútkezelő adatbankja és becsült adatok alapján töltöttük fel adatokkal. Rácsszámítás során az előírásoknak megfelelően 10x10 méteres rácsméretet és 4 méteres magasságot állítottunk be. A program a rácsok középpontjában kiszámolja a zajszintet, ezt követően

interpolációval alkotja meg a zajtérképet, amelyen a közlekedés szerepe jól megfigyelhető.

Pontszámítást is végeztünk el azokon a helyeken, ahol a későbbiekben saját méréseket is végeztünk. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. *Pontszámítás során megkapott értékek*

	IMMI [dB]	
	nappal	éjjel
Hivatal	68,2	60,6
Gimnázium	61,9	54,4
Általános Iskola	55,8	48,3
Művelődési Központ	60,6	52,7
Városi Könyvtár	64,3	56,1

Az IMMI által kapott értékek és a 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendeletben található határérték összehasonlítása lehetséges, ugyanis a pontokat a homlokzattól 2 méterre és 1,5 méter magasságban helyeztem el. A nappali 60 dB-es és az éjjeli 55 dB-es határértéket az általános iskolához tartozó értékek nem lépik túl.

3.4. Építkezés közben

Az állapotfelmérések során kétszer is végeztünk tájékozódó jellegű méréseket. Mértük egyszer az építkezési munkálatok alatt, illetve egy hétvégi napon is, amikor az építkezés szünetelt.

3.3. Építkezés után-jelenlegi állapot

Az állapotfelmérés során nappali és éjjeli időszakban mérést és forgalomszámlálást is végeztünk. A zajtérképek elkészítése során a számolt gépjárműforgalmat használtuk fel. A **2. táblázat**ban összegeztük a modellezett és a mért értékeket.

A mért és a modellezett értékek között adódnak eltérések, mely következhet abból, hogy a mérését és a forgalomszámlálást nem tudtuk egy napon megvalósítani.

2. táblázat. *A mért és a pontszámítás során megkapott eredmények*

	Nappal		Éjjel	
	L_{Aeq} átlag [dB]	IMMI [dB]	L_{Aeq} átlag [dB]	IMMI [dB]
Hivatal	59,3	62,1	52,4	53,5
Gimnázium	56,3	56,0	57,1	47,5
Általános Iskola	55,0	50,7	45,8	42,1
Művelődési Központ	56,1	58,0	51,1	49,2
Városi Könyvtár	61,2	61,1	51,0	50,8

A mért és a modellezett értékek között is történik túllépés a nappali 60 dB-es és az éjjeli 50 dB-es határértékhez képest.

3.4. Különbségtérkép

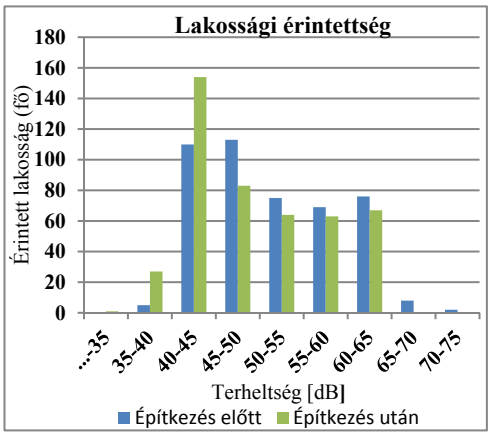
Annak érdekében, hogy a vizsgált terület zajterhelésének változását szemléltetni tudjuk az elkészült zajtérképek felhasználásával különbségtérképet készítettünk el. A különbségtérkép a rácsok egyszerű kapcsolásával majd egy kivonással végezhető el. Az elkészült térképeken a terület zajterhelésének változása szemléltethető színskála szerinti 1 dB-es lépésközzel. A modellezés alapján elmondható, hogy az átépítést követően csökkent a terület zajterhelése.

3.5. Lakossági érintettség

A program segítségével a vizsgált területen található épületek homlokzatát érő zajterhelés is modellezhető.

Az elkészült homlokzati zajterhelést szemléltető térképek felhasználásával stratégia mutatókat is lekérdezhetünk. Egyik ilyen mutató a lakosság érintettsége. A lakossági érintettséget maximális terheltséghez rendelt lakosok, illetve épületen belüli egyenletes lakosság eloszlásban is vizsgáltuk. A lakosság terheltségét illetően

sokkal reálisabb értéket kapunk egyenletes lakosság eloszlás esetében. Az 1. ábrán a lakossági érintettség változását mutatjuk be.



1. ábra. *Lakossági érintettség nappali időszakra vonatkozóan, egyenletes lakosság eloszlás alapján*

Az ábrán megfigyelhető, hogy a nappali időszakban csökkent azon lakosok száma, akik nagyobb hangnyomásszintnek vannak kitéve. Vizsgálataink alapján a vizsgált területen található három oktatási intézmény érintettsége is csökkent.

3.8. Konfliktustérkép

280/2004. (X.20.) Kormányrendelet alapján konfliktustérképet is készítettük.

A konfliktustérkép az immissziós zajszint és a stratégia küszöbértékek különbségét ábrázolja. Közlekedési zajforrások esetében a stratégiai küszöbértékek L_{den}-63 dB, $L_{éjjel}$-55 dB. Az elkészült térképek az intézkedési terv elkészítéshez használhatóak fel [6].

A jelenlegi állapotra vonatkozóan az elkészült konfliktustérképek alapján elmondható, hogy az intézkedési tervben 10 évnél nem hosszabb intervallumú zajcsökkentési vagy zaj elleni védelmet célzó intézkedéseket kell megfogalmazni.

4. Következtetés, javaslattétel

Vizsgálatainkat kiterjesztettük arra vonatkozóan, hogyan ugyanolyan forgalom nagyság mellett, hogyan alakult volna a terület zajterhelése, ha a legnagyobb forgalmat lebonyolító útszakasz kopórétege díszburkolat helyett csendes aszfalt.

A modellezés alapján jól bizonyítható, hogy csendes aszfalt alkalmazásával további zajcsökkentés is elérhető lett volna.

5. Összefoglalás

Munkánk során a hajdúböszörményi Bocskai tér átépítése által bekövetkező zajterhelés változás vizsgálatát végeztük el. Mérésekkel kiegészített modellezés során a bekövetkező változást jól szemléltetni tudtuk. Az eredmények alapján elmondható, hogy az átépítést követően csökkent a terület zajterhelése, illetve az érintett lakosság terhelése is.

Szakirodalmi hivatkozások

[1]Barótfi, I.: *Környezettechnika*, Mezőgazda Kiadó, 2000, pp. 712.

[2]Kiss, Á., Tasnádi, P.: *Környezetfizika*, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar 2012, 133.

[3]European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN): Position Paper, *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, Version 2, August 2007, 8.

[4]Environmental Protection Agency: *Guidance Note for Strategic Noise Mapping For the Environmental Noise Regulations* 2006., Version 2, 2011, pp. 10.

[5]Berndt, M.: *Részletes háttér-információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához*, Budapest 2007., 7.

[6] Domokos, E., Horváth, B.: *Környezetmérnöki Tudástár, Zaj és Rezgésvédelem*, 2. javított kiadás, Veszprém, 2011, 143.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 91–94. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.15
http://hdl.handle.net/10598/28599

JÁRMŰIPARI ACÉLOK SZILÁRDSÁGNÖVELÉSI LEHETŐSÉGEI

OPPORTUNITIES OF STRENGHT-INCREASING OF AUTOMOTIVE STEELS

Bitay Enikő [1], Bagyinszki Gyula [2]

[1]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, 540485 Târgu-Mureş, O.p. 9, C.p. 4., ebitay@ms.sapientia.ro*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

The heaviest parts of the vehicle are the chassis, the engine and the undercarriage. These are momently manufactured of steel alloys and cast iron. This will probably keep their dominancy in the near future. The material qualities applied in the construction of the parts mentioned above are increased strength or high resistance steel alloys. This paper presents those strength increasing mechanisms that applied with appropriate forming and bonding technologies lead to the increasing of quality and mass efficiency of the lightweight structures.

***Keywords**: net weight reduction, strength-increasing, micro alloying, grain size, phases of microstructure.*

Összefoglalás

Egy jármű részegységei közül a karosszériának, a futóműnek és a motornak a legnagyobb a tömege. Ezek gyártásához nagy mennyiségben vasalapú ötvözeteket – acélokat és öntöttvasakat – használnak fel és ezek várhatóan még hosszú távon meghatározóak maradnak. A felhasznált szerkezeti acélok nagyobb része növelt és nagy szilárdságú acél. Jelen dolgozat az acélok szilárdságnövelési mechanizmusait mutatja be, amelyek megfelelő alakadó és kötő technológiák alkalmazásával a könnyűszerkezetes konstrukciók tömeghatékonyságának és minőségének növelését eredményezik.

***Kulcsszavak:** önsúlycsökkentés, szilárdságnövelés, mikroötvözés, szemcseméret, mikroszerkezeti fázisok.*

1. Bevezetés

A járműfejlesztések egyik célkitűzése a tömegredukálás, a *„könnyűsúlyú" konstrukciók* megvalósítása. Bár ezen törekvés és az autók tömege között bizonyos ellentmondás van, hiszen a régebbiekhez képest a mai típusok nehezebbek is lehetnek. Az ok a fejlett technika, a nagyobb kényelem megjelenítése: szervokormány, elektromos ablakemelő, a klíma, a légzsák stb. beépítése.

A tervezésnél, ill. anyagkiválasztásnál ellentétes követelmények is felmerülnek: pl. önsúly (így a fogyasztás) csökkentése ↔ utasok biztonságának növelése, nagy energiaelnyelő képességű karosszéria kialakítása; egyes szerkezeti elemek nagy szilárdsága ↔ kis ridegtörési hajlama, stb.

2. Acélok jelentősége

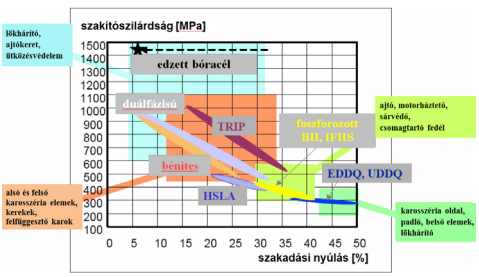
A tömegcsökkentést anyagtudományi szempontból a növelt- ($R_{p0,2}$ = 275…500

MPa), nagy- ($R_{p0,2}$ = 500…1000 MPa) és ultra nagy- ($R_{p0,2} \geq$ 1000 MPa) szilárdságú acélok, a könnyűfémek (Al, Mg) és ötvözeteik, a fémhabok, a műszaki polimerek, a szálerősítésű polimer mátrixú kompozitok alkalmazása jelenti (**1. táblázat**) [1].

1. táblázat. *Autókarosszériák tömegének alakulása a költségekkel összefüggésben*

Anyagok	Hagyományos acélok	Nagyszilárdságú acélok	Al és ötvözetei	C-szálas kompozitok
tömeg [kg]	300	195	214	150
anyagár [€/kg]	0,50	1,00	4,50	10,00
összköltség [€]	150	195	963	1500

Az acélok hidegen és melegen jól alakíthatók, többféle módon (hegesztéssel, forrasztással, ragasztással, mechanikusan) köthetők és igény szerint felületkezelhetők. Ezért egy korszerű gépkocsi jelentős részben acélokból készül (**1. ábra**).



1. ábra. *Növelt-, nagy- és ultra nagyszilárdságú acélok és járműipari alkalmazásaik*

3. Acélok szilárdságnövelő mechanizmusai

A szilárdságot és a szívósságot a mikroszerkezetet alkotó fázisok egyedi tulajdonságai, aránya, (szemcse)mérete, alakja (morfológiája), eloszlása (diszperzitása) határozza meg. Az acélok szilárdságnövelése többféle módon érhető el [2-6]:

Szilárdoldatképző ötvözéssel: Minél nagyobb mértékben tér el az oldott elem ion-sugara a vasétól, annál nagyobb rácstorzulást és folyáshatárt eredményez:

$$R_e = R_0 + k \cdot G \cdot \varepsilon^p \cdot C_ö^q \qquad (1)$$

ahol R_e a folyáshatár, R_0 a szilárdsági konstans, k az anyagra jellemző állandó, G a csúsztató rugalmassági modulus, $\varepsilon = (d_a - d_ö)/d_a$ a rácstorzulás mértéke, d_a az alapanyag atomátmérője, $d_ö$ az ötvözőanyag atomátmérője, $C_ö$ az ötvözőanyag koncentrációja. A p és q kisebb ötvözőkoncentrációknál 2 ill. 1, míg nagyobbaknál 1,5 ill. 0,5. A szilárdság növelésének ezen módját leginkább mangánötvözéssel érik el. A foszfor általában az acélok nem kívánatos szennyező eleme. Kis mértékben (≤ 0,1 %) a foszfor a ferrit rácsában oldódva, rácstorzítás révén növeli a szilárdságot, továbbá a vassal olyan foszfidot képez, ami szintén szilárdságnövelő hatású. Az újrafoszforozott (rephosphorized) vagy P-acélok ezeket a lehetőségeket használják ki.

Hidegalakítási keményedéssel: Nem alakított (kilágyított) fém szerkezetében a diszlokációsűrűség akár 3 nagyságrenddel nagyobbá válhat hidegalakítás következtében. Az így megnövelt sűrűségük miatt a diszlokációk már nem az alakváltozást (kristálytani csúszósíkok relatív elmozdulását) segítik, hanem – egymás mozgását gátolva – ellentétes hatást váltanak ki. Az alakítás akadályozottá válik, vagyis szilárdság növekedés tapasztalható, amint a Taylor-egyenlet - ill. módosított alakja - leírja:

$$R_e = R_0 + k \cdot G \cdot |\underline{b}| \cdot \sqrt{\rho} =$$

$$R_0 + k \cdot G \cdot |\underline{b}| \cdot \sqrt{\rho_0 + C \cdot \varphi^n} \qquad (2)$$

ahol - a már említetteken kívül - $|\underline{b}|$ a Burgers-vektor abszolút értéke, ρ a diszlokációsűrűség, ρ_0 a diszlokációsűrűség kilágyított (kiinduló) állapotra vonatkozó értéke, C az egységnyi alakváltozáshoz tartozó alakítási szilárdság, φ a logaritmikus alakváltozás, n a keményedési kitevő.

Szemcsefinomítással: A szemcseméret és a szilárdság kapcsolatát tág szemcseméret-tartományban a Hall-Petch képlet írja le:

$$R_e = R_0 + \frac{k}{\sqrt{d}} \qquad (3)$$

ahol új adat a *d* átlagos szemcseméret.

A ferritszemcsék mérete csökken a kiinduló ausztenitszemcsék méretének csökkentésével, ami mikroötvözéssel elősegíthető. A mikroötvözők (Al, Ti, V, Zr) nagy stabilitású nitridet ill. karbonitridet alkotnak és diszperz eloszlásuk révén akadályozzák a szemcsedurvulást, amíg oldatba nem mennek. E vegyületek képződése szabályozott mértékű nitrogénötvözéssel érhető el.

Ikerkristály-képződéssel: A TWIP- (Twinning-Induced Plasticity, azaz ikresedéssel előidézett képlékenységgel rendelkező) acélok jelentős Mn-tartalmuk miatt szobahőmérsékleten is ausztenitesek. Az ikerkristályok határfelületei - a szilárdságnövelés szempontjából - a szemcsehatárral azonos módon viselkednek, így a szövetszerkezet rendkívül finomszemcsés lehet, ahol a jellemző szemcseméret 100 nm-nél kisebb.

Az IS- (Isotropic) acélok Ti-nal, és N-nel mikroötvözött, izotróp tulajdonságú, jól alakítható szerkezeti acélok. Az IF- (Interstitial Free, azaz intersztíciós elemektől mentes) ill. az IFHS- (Interstitial Free High Strenght) acélokat Ti-nal, Nb-mal és bórral ötvözik, és ezek kivált vegyületei, karbidjai és nitridjei finomszemcsés szövetszerkezetet, ill. szilárdságnövekedést eredményeznek. A szilárdságra a szilárd oldatba menő Mn és P tartalom is hatással van.

A SULC- (Super Ultra Low Carbon) acélok nagyon kis C-tartalmú (0,002 %), Mn-nal, Si-mal és Ti-nal ötvözött acélok, amelyek az IF-acélok továbbfejlesztései. A szövetszerkezetükben kivált karbidok és nitridek, ill. a Ti mikroötvözéssel elért finom szemcsézet eredményezik a szilárdságnövekedést. Az EDDQ- (Extra Deep Drawing Quality, extra mélyhúzhatóságú) és UDDQ (Ultra Deep Drawing Quality, ultra mélyhúzhatóságú) acélok olyan Ti ill. Nb ötvözésű IF-acélok, amelyekben a C-tartalmat 10 ppm körüli értékre csökkentik az alakíthatóság fokozása érdekében.

A szemcseméret csökkentésében a szabályozott hengerlés, a gyorsított hűtés is alkalmazható. Az így termomechanikusan kezelt acélok nagyobb szilárdságúak és szívósságúak. A szemcsefinomodás a nagyobb mértékű túlhűtés miatt megsokszorozódó átalakulási csíráknak köszönhető.

Nemesítéssel: Ez a hőkezelés is a ferritszemcse ill. a karbidok méretének befolyásolási lehetősége, pl. bórral mikroötvözött és a ferritet szubsztitúciós ötvözéssel szilárdító, kis C-tartalmú acéloknál.

Kiválásos keményedéssel: Melegalakítás hőmérsékletéről, szabályozott sebességgel történő lehűlés közben kiválnak az ötvözők vegyületei, karbidja és nitridjei. E szegregációs nemesítéssel elérhető szilárdságnövekmény szempontjából kedvező, ha minél kisebb a kiválások l_{kiv} átlagos távolsága:

$$R_e = R_0 + k \cdot G \cdot |\underline{b}| \cdot \frac{1}{l_{kiv}} \qquad (4)$$

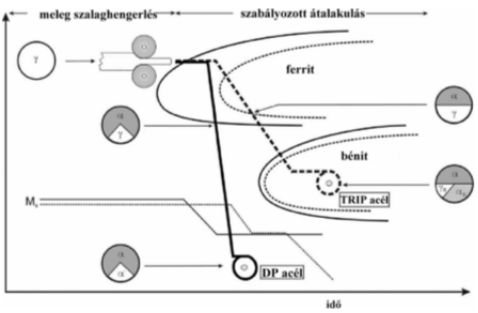
A BH- (Bake Hardenable, vagyis „sütve” keményíthető) acélok kiválásosan keményedő mikroötvözött acélok. A karosszériaelemek festését követő lakkbeégetéskor a lemez felmelegszik, s ezen „megeresztés” hatására kiválnak az ötvözők vegyületei (karbidok, nitridek, foszfidok).

Az acél szövetszerkezetében két, vagy több fázis kialakításával: Hőkezeléssel érik el, hogy a szilárdságot növelő szövetelemekkel (martenzittel, bénittel) együtt a közepes szilárdságú, de szívósabb elemek (perlit, ferrit) is keletkezzenek. Ilyenek a DP- (Dual Phase) és ezek továbbfejlesztett változatai, a TRIP- (Transformation Induced Plasticity, azaz átalakulással előidézett képlékenységgel rendelkező) acélok.

A DP-acélok szövetszerkezete kétfázisú (dual-fázisú): lágy α szilárd oldatba (ferritbe) kemény α'-fázis (martenzit) szigetek ágyazódnak be. Ezáltal jól alakíthatóak és

kellően nagy szilárdságúak. A szilárdságnövekedés a martenzit-tartalomtól (5…30 %) függ. További szilárdság-növekmény Nb-mikroötvözéssel, meleghengerléssel (NbC kiválással) - irányított hőciklus (munkarend) mellett - érhető el.

A **2. ábra** folytonos vonalú munkarendje szerint a meleghengerlés hőmérsékletén az acél γ szilárd oldat fázisú (ausztenites szövetű), a hengerlés után hőntartva a ferrit-mezőbe lép a hőmérséklet-lefutás vonala, így a szövetszerkezet egy része átalakul ferritté. A ferrit-mezőből lehűtve az M_s-vonal (a martenzit szövetelem keletkezésének hőmérséklete) alá kerül, így a még átalakulatlan ausztenit martenzitté alakul. Ezáltal a csévélőre kerülő acéllemez α fázisú ferritből és α'-fázisú martenzitből áll.



2. ábra. *A TRIP-acélok meleghengerlése a DP acélokkal összehasonlításban*

A háromfázisú TRIP-acélok szövetszerkezetét interkritikus lágyítás hőmérsékletéről végzett lépcsős lehűtéssel érik el. A nagy szilárdság mellett nagy nyúlásúak, amit szemcsefinomító mikroötvözők okoznak. A meleghengerlés során (**2. ábra** szaggatott vonalú munkarendje szerint) a γ szilárd oldat fázis (ausztenit) a hőntartás során részben α szilárd oldat fázissá (ferrité) alakul, amíg a hőmérséklet-lefutás vonala a C-görbe ferrit mezején áthalad. A csévélés hőmérsékletén (kb. 500 °C) bénites átalakulás történik, azaz a még át nem alakult ausztenit bénitté (α_B) válik. A folyamat végén maradék (Retained) ausztenit (γ_R fázis) is lesz a szövetszerkezetben, ennek stabilitását Nb ötvözéssel érik el. A ferrites mátrix és a martenzitté alakuló maradék ausztenit alkotta szerkezetben az alakváltozás okozza az átalakulást. A TRIP-acélok szilárdságnövelésében AlN fázisok is részt vesznek.

4. Következtetések

Az acélfelhasználók - így a járműipar is - olyan acélokat keresnek, melyek összetételükben, szilárdsági jellemzőikben és geometriájukban megfelelnek a korszerű követelményeknek. Az acéltermékek végső tulajdonságait a gyártástechnológia minden egyes fázisa (acélgyártás, hengerlési módozatok, hőkezelés stb.) jelentősen befolyásolja. Az acél célzott mechanikai tulajdonságainak – növelt szilárdságnak, megfelelő alakváltozó képességnek, jó szívósságnak – feltétele a vegyi összetétel egyenletessége és a megfelelő „tisztaság”, a szabályozott zárványalak, a szennyezők és a gáztartalom csökkentése. Ezek megléte esetén hatékonyak a felvázolt szilárdságnövelési mechanizmusok.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Nedschroef Techno Centre: *Materials of Automotive Industry*, Nedschroef Academy, March 2012.

[2] Technical Editors: Stuart Keele & Menachem Kirachi: *Advanced High-Strenght Steels Application Guidelines Version 5.0*, WorldAutoSteel, May 2014.

[3] Tamarelli, C.M.: *AHSS 101: The Evolving Use of Advanced High-Strength Steels for Automotive Applications*, Steel Market Development Institute, Michigan

[4] Komócsin, M.: *Nagyszilárdságú acélok és hegeszthetőségük*, Miskolci Egyetem, 2008.

[5] Bagyinszki, Gy.: *Anyagismeret*, Óbudai Egyetem - BGK, Budapest, 2011.

[6] Zsoldos, I.: *Különleges autóipari acél ötvözetek, karosszéria elemek lemezanyagai*, Korszerű anyagok és technológiák, Széchenyi István Egyetem, 2013.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 95–98. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.16
http://hdl.handle.net/10598/28600

A SZUSZPENZIÓ KEVERÉSÉNEK HATÁSA FOTO-BIOREAKTORBAN TERMESZTETT MIKROALGÁK BIOMASSZA TERMELÉKENYSÉGÉRE

CHARACTERIZATION THE EFFECT OF MIXING ON MICROALGAE BIOMASS PRODUCTIVITY IN FLAT PANEL PHOTOBIOREACTOR

Bocsi Róbert[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Hanák László[4], Hodai Zoltán[5]

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-268, bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

[2]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-177, pethod@almos.uni-pannon.hu*

[3]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-446, horvathg@almos.uni-pannon.hu*

[4]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-132, hanakl@almos.uni-pannon.hu*

[5]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-132, hodaiz@almos.uni-pannon.hu*

Abstract

Carbon dioxide is the primary greenhouse gas emitted through human activities. There are natural bioprocesses where this molecule is converted into biomass. With ctivation of microalgae we can feed back the carbon content of CO_2 into biological systems and we can get numbers of valuable organic compounds, among others biofuel, to reach ecological and economical benefits. We ave carried out our measurements in our lab-scale screening photobioreactor system for the characterization of the effect of mixing on biomass productivity to find the most energy effective biomass production mode.

Keywords: *microalgae, cultivation, photobioreactor, mixing.*

Összefoglalás

A természetben működnek olyan spontán folyamatok, amelyeket alapul véve a kibocsátásra váró CO_2 széntartalmát biológiai rendszerbe visszavezethetjük, ezáltal számos értékes termék nyerhető, akár üzemanyag biokomponensek is. Ez egy algatechnológiai rendszer üzemeltetése során megvalósítható, melyben tekintettel kell lennünk arra, hogy az egyes lépésekben a lehető legkevesebb energiát használjunk fel. Kísérleteink során arra törekedtünk, hogy egy olyan gázellátási programot hozzunk létre, laboratóriumi környezetben, amelyben a biomassza növekményre a lehető legkisebb energia jut.

Kulcsszavak: *mikroalga, termesztés, foto-bioreaktor, keverés.*

1. A mikroalgák termesztése

A fotoszintetizáló élőlények a növekedésükhöz, szaporodásukhoz CO_2-ot használnak fel, melynek átalakításához szükséges energiát napfényből nyerik. A lipidtermelésre használt mikroalgák a szervezetük felépítéséhez szükséges anyagokat vizes oldatból veszik fel.

A megfelelő algatermesztő rendszer kialakításához sorra kell venni, melyek a termesztésbe bevonható fajok és mely paraméterek befolyásolják az algák fejlődését. A termesztési paraméterek helyes megválasztása alapvetően befolyásolja a teljes folyamat sikerességét.

1.1. A mikroalgák hasznosítása

Algákból számos terméket állíthatunk elő, melyek közül üzemanyag előállításra elsősorban a lipidek a megfelelő vegyületek. A lipidek számos alkalmazásban előfordulnak. Tisztítás, ill. átalakítás után kozmetikai cikkek, élelmiszerek összetevői vagy akár motorhajtóanyagok biokomponensei is lehetnek.[1]

1.2. Szénforrás a fotoautotróf mikroalga termesztésben

Természetes környezetben az algák szénforrásként a levegő (0,03-0,04 v/v%) CO_2-tartalmát használják. Mesterséges környezetben biztosítanunk kell számukra egyrészt a tápoldatban lévő szervetlen sókat és egyszerű szerves vegyületeket, másrészt a reaktortérbe juttatott CO_2-ot, oldott- vagy hidrogénkarbonát formájában. Míg előbbieket bizonyos szennyvizekből pótolni lehet, addig a szén-dioxid forrása lehet fűstgáz (8-15 v/v% CO_2), olajkitermeléskor keletkező kísérőgáz, de az származhat nagynyomású technológiákból is.

Az algák szaporodása intenzifikálható, ha megnöveljük a számukra elérhető CO_2 mennyiségét.[2]

1.3. A keverés szerepe a mikroalga-termesztésben

A keveréssel az a célunk, hogy homogén algaszuszpenziót állítsunk elő. Ezzel biztosíthatjuk a szuszpenzióban lévő egyes sejtek egyenletes megvilágítását, csökkenteni tudjuk a sejtek felületre tapadásának esélyét, valamint az aggregátumok kialakulásának is gátat szabhatunk. Az aggregátumok kialakulása azért előnytelen, mert a leárnyékolt sejtek nem jutnak hozzá sem elég fényhez, sem elég tápanyaghoz, és befertőződés forrásaivá válhatnak.[3]

Túlságosan erős kevertetés a fellépő nagy nyíróerők miatt az algasejtek károsodását, pneumatikus keverés esetében pedig a sejtek kiflotálódását okozhatja. Bár ez utóbbi hatásokat a szuszpenzió és a tápoldat jellemzői alapvetően befolyásolják.[4]

2. A kísérleti jellemzők leírása

A kísérleteket a Pannon Egyetem Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszékén felépített és a méréseinknek megfelelően módosított tápoldat vizsgáló foto-bioreaktor rendszerben végeztük. (**1.ábra)**

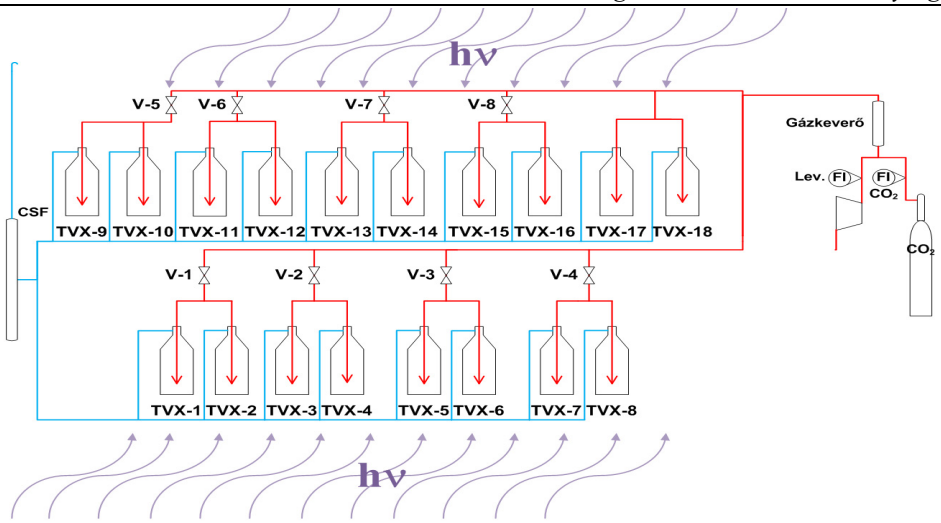
A vizsgálathoz *Chlorella vulgaris sp.* algafajt használtunk fel.

A reaktorokhoz újra hasznosított PET palackokat használtunk fel.

A gázadagolást a gázellátó rendszerbe épített mágnesszelepek segítségével végeztük el. A kapcsolások időzítését egy PC-vel vezérelt, az Advantech cég által gyártott ADAM 5000/TCP berendezés végezte, amelybe egy ADAM-5069 típusú relé modult szereltünk.

2.1. termesztési feltételek

A termesztést módosított *BG-11*, *B5M* tápoldatban végeztük. A tápoldat a makroelem komponenseken túl mikroelemeket is tartalmaz, amelyek a sikeres termesztéshez nélkülözhetetlenek.



1. ábra. *A mérésekhez módosított tápoldat vizsgáló foto-bioreaktor rendszer*

A megvilágítást speciális, 36W-os fénycsövekkel végeztük. A fényforrás spektrumának kék és vörös tartományában lévő intenzitás maximumok kedveznek az algák szaporodásának.

A fénymennyiség mérése egy LogboxSD adatgyűjtőhöz kapcsolt KippZonen PQS 1 PAR Quantum Sensor segítségével történt. Az eszköz által rögzített mérési adatok alapján megállapítottuk, hogy a reaktorok fényellátása a fényszakasz (megvilágítás) alatt egyenletes volt.

A biomassza koncentráció változását mintavétel után, fotometriás módszerrel követtük. A vizsgált minták 681,5 nm-en mért abszorbanciáját, GF/C szűrővel történt szárazanyag tartalom meghatározás alapján adtuk meg.

A termesztő rendszerbe bevezetett gázkeverék levegő, melybe 8 V/V % CO_2-ot kevertünk be. Ez a szén-dioxid koncentráció alkalmas arra, hogy az algákat megfelelő mennyiségű szénforrással ellássuk és szaporodásukat intenzifikáljuk.

2.2. A gázellátási program

A betáplált gázáramot egy 8 W-os membránpumpa segítségével és palackos, élelmiszeripari minőségű CO_2 felhasználásával állítottuk elő. A 1,5 dm^3 térfogatú szuszpenzióba 0,4 mm belső átmérőjű üvegcsövön keresztül buborékoltattuk be a gázkeveréket.

A gázáram ki-be kapcsolásával, amely egyébként a szuszpenzió keverését is biztosítja, az egy-egy reaktorra befektetett energiamennyiség csökkentése érhető el. A programot az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. *A reaktorok gázellátási programja*

Reaktor jele	Gázellátás időtartama naponta
TVX- 1 / TVX-2	16 óra
TVX- 3 / TVX-4	8 óra
TVX- 5 - TVX-8	3 x 4 óra
TVX- 9 - TVX-12	6 x 2 óra
TVX- 13 - TVX-16	24 x 0,5 óra
TVX- 16 / TVX-18	24 óra (folyamatos)

A 16 órás program a megvilágított, azaz a fény-, míg a nyolc órás a sötét szakaszhoz igazodik. A többi esetben a ki-be kapcsolt

állapotok, a megadott felosztásban, rendre követik egymást.

3. A kísérletek eredményei

A kísérletek során a folyamatos gázellátást 100 %-nak véve a reaktoronként betáplált buborékoltatásra fordított energia mennyisége az alábbiak szerint alakult:

- a 16 órás reaktoroknál 66,66%;
- a 8 órás reaktoroknál 33,34 %;
- a többi esetben pedig 50,00%.

Az egy hetes kísérletek időtartam alatt az algakultúrák az alábbi biomassza növekményeket érték el.

2. táblázat. *A 7 napos termesztési ciklus alatt elért átlagos biomassza növekmény*

Gázellátás időtartama naponta	Biomassza növekmény (mg)
8 óra	289
16 óra	395
3 x 4 óra	359
6 x 2 óra	364
24 x 0,5 óra	398
24 óra (folyamatos/referencia)	431

A mérés során az algaszuszpenziók pH-ja 8,1 ± 0,3 értéken maradt.

4. Következtetések

A mérések alapján a referenciához képest három jellemző biomassza termelékenységi csoportot lehet kijelölni.

3. táblázat. *A 7 napos termesztési ciklus alatt elért átlagos biomassza növekmény*

Gázellátás időtartama naponta	Relatív biomassza növekmény (%)	Biomassza növekmény (energia ekvivalens) (mg)(eev)
Referencia	100	144
0,5 órás	92	265
Fény szakasz	92	198
2 órás	84	243
4 órás	83	239
Sötét szakasz	67	289

Amennyiben a termelékenységet minden beállításhoz a befektetett energia mennyiségére viszonyítva adjuk meg, akkor a fajlagosok értékei teljesen más sorrendet adnak meg. Bár ez utóbbi adatot körültekintően kell figyelembe venni, mert a megvilágításhoz felhasznált energia mennyisége a keveréshez képest legalább két nagyságrenddel nagyobb.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pulz, O., Gross, W.: *Valuable products from biotechnology of microalgae.* Applied Microbiology and Biotechnology 2004; 65(6):635–48.

[2] Kishimoto, M., Okakura, T., Nagashima, H., Minowa, T., Yokoyama, SY., Yamaberi, K.: *CO_2 fixation and oil production using microalgae.* 1994, J Ferment Bioeng 78:479–482

[3] Marshall, J.S., Sala, K.: *A stochastic Lagrangian approach for simulating the effect of turbulent mixing on algae growth rate in a photobioreactor*, Chemical Engineering Science, Volume 66, Issue 3, 1 February 2011, 384-392, ISSN 0009-2509, 10.1016/j.ces.2010.10.043.

[4] Chen, Y.M, Liu, J.C., Yih-Hsu Ju: *Flotation removal of algae from water*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 12, Issue 1, 15 October 1998, 49-55, ISSN 0927-7765, http://dx.doi.org/10.1016/S0927-7765(98)00059-9

Köszönetnyilvánítás

This research was supported by the European Union and the State of Hungary, co-financed by the European Social Fund in the framework of TÁMOP-4.2.2/A-11 /1 /KONV-2012-0071 .

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 99–102. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.17
http://hdl.handle.net/10598/28601

FAGÁZOSÍTÁS ENERGETIKAI HATÉKONYSÁG-VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ GÁZOSÍTÓ KÖZEGEK ALKAMAZÁSÁVAL

ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF WOOD GASIFICATION USING DIFFERENT GASIFYING MEDIUMS

Bodnár István

Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; Telefon / Fax: +36-46-565-168, vegybod@uni-miskolc.hu

Abstract

This paper presents the Energy Efficiency Analysis of the wood gasification in case of different gasifying mediums. I will describe in detail the chemical composition of different types of trees and the heating value. On the basis of the wood's chemical composition and of the reaction equation I have made an approximate model, which helps to specify the resulting synthesis gas' chemical composition and the energetic properties. The basis of the model is an energy calculation, and it can be easily solved numerically. I have applied the model and I analysed some types of trees.

Keywords: *gasification, wood-gas, chemical composition, energy efficiency analysis.*

Összefoglalás

A tanulmány a tűzifa gázosításának energetikai hatékonyságát mutatja be különböző gázosítóközegek alkalmazása esetén. Részletesen ismertetem a különböző fafajták kémia összetételét és az energiatartalmát. A fa kémiai tulajdonságainak és a reakcióegyenletek függvényében készítettem egy közelítő modellt, aminek a segítségével meg tudom határozni a keletkező szintézisgáz kémiai összetételét és energetikai tulajdonságait. A modell energetikai számításon alapul és numerikusan könnyen megoldható. Alkalmaztam a modellt és megvizsgáltam néhány jellegzetes fafajtát.

Kulcsszavak: *gázosítás, fagáz, kémiai összetétel, energetikai hatékonyság vizsgálat.*

1. Bevezetés

Az erőmű-energetikában egyre nagyobb szerepet kapnak azok a technológiák, amikkel hatékonyabban lehet villamos energiát előállítani. Magyarország éves villamosenergia-fogyasztása 2014-ben 43,3 TWh volt, a fogyasztási igényre pedig évente 1,3%-os növekedés jellemző. Az előrejelzések szerint a fogyasztás 2020-ra elérheti a 46,2 TWh-t. A hazánkban termelt villamos energia 14%-a szén, 5,25%-a biomassza tüzelésű erőművekben került előállításra. Ez a teljes előállított mennyiség mintegy ötödét jelenti, ezért célszerű ezeket az energiahordozókat hasznosító erőművek, hatékonyságának növelésében gondolkodni. A villamos hatásfok javításának egyik módja a termikus hatásfok növelése. Rankine-Clausis-körfolyamatot (RCk) alkalmazó erőművek esetén a termikus hatásfok javítása megvalósítható a kondenzátorban uralkodó hőmérséklet csökkentésével, vagy az elgőzölögtető nyomásának, illetve hőmérsékletének emelésével. További lehetőség az újrahevítés, és a tápvíz előmelegítés [1].

Korszerűtlen rendszereknél a gőzkazán, vagy a gőzturbina cseréjével is tudunk hatásfokot növelni. Ezekkel a megoldásokkal csak kismértékben növelhető a villamos hatékonyság, ezért célszerű új megoldások, új technológiák alkalmazása. Jelentős hatékonyság-javulást gázosítási technológia és Diesel-körfolyamat alkalmazásával érhetünk el. A gázosítás lehetővé teszi, hogy a szilárd tüzelőanyagból, gáz halmazállapotú energiahordozót állítsunk elő, ezzel biztosítva a technikai körfolyamat váltást [2]. Diesel-körfolyamat alkalmazásával a villamos hatásfok akár két és félszerese is lehet az RC körfolyamaténak. Ennek köszönhetően az energiaforrásainkat hatékonyabban tudjuk hasznosítani, így csökkenthető a fajlagos tüzelőanyag-felhasználás és szén-dioxid megtakarítás is elérhető.

2. Gázosítás modellezése

A gázosítási folyamat modellezésére egy egyszerűsített, lineáris termokinetikai modellt alkalmazunk, ami a moláris tömegmegmaradás tételén alapul. A modell alkalmazásával közelítő becslést lehet adni a keletkező fagáz kémiai összetételére, fűtőértékére és a gázosítási folyamat energetikai hatékonyságára. Mivel a modell lényege, hogy egyszerűbbé és gyorsabbá tegye a számítást, ezért számos elhanyagolással élünk a modellegyenletek felírásakor [3,4]. Elhanyagoltuk a szintézisgáz maradó oxigén- és a metántartalmat. További elhanyagolásként a fafajták egyéb összetevőit figyelmen kívül hagyjuk, valamint feltételezzük, hogy a rendszer termodinamikai egyensúlyban van. Ezek alapján a modell pontossága biztosan kisebb, mint 97%, ami jellemzően a szintézisgáz energiatartalmában jelentkezik. A modellegyenlet a tüzelőanyag egy mólnyi karbon-tartalmára vonatkoztatott hidrogén- és oxigéntartalmára kerül felírásra. A modellegyenletet levegő gázosító közegnél az *(1)*, vízgőz esetén a *(2)* jelű képlet mutatja. Az egyensúlyi feltételeket a *(3-7)* képletek tartalmazzák [5,6]. Ismert: a k, az l, az n és a K.

$$CH_kO_l+n\cdot H_2O+(m\cdot O_2+3{,}76\cdot m\cdot N_2) = x_1\cdot H_2+ +x_2\cdot CO+x_3\cdot H_2O+x_4\cdot CO_2+3{,}76\cdot m\cdot N_2 \quad (1)$$

$$CH_kO_l+n\cdot H_2O+(m\cdot O_2+2\cdot m\cdot H_2) = x_1\cdot H_2+ +x_2\cdot CO+x_3\cdot H_2O+x_4\cdot CO_2 \quad (2)$$

Karbon egyensúly: $1=x_2+x_4$ *(3)*

Hidrogén egyensúly levegő esetén:

$$k+2\cdot n=2\cdot x_1+4\cdot x_3 \quad (4)$$

Hidrogén egyensúly vízgőz esetén:

$$k+2\cdot n+2\cdot m=2\cdot x_1+4\cdot x_3 \quad (5)$$

Oxigén egyensúly:

$$l+n+2\cdot m=x_2+x_3+2\cdot x_4 \quad (6)$$

Víz-gáz egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{x_1\cdot x_4}{x_2\cdot x_3} \quad (7)$$

3. A fagáz kémiai összetétele és energetikai tulajdonságai

Az elemzéseink során jellegzetes hazai fafajták gázosítási tulajdonságait vizsgáltuk. Az átlagos kémiai összetételeket az **1.** és a **2. táblázat***ok* tartalmazzák tömegszázalékban megadva. A nedvességtartalom minden fafajta esetében egységesen 20%.

1. táblázat. *Fafajták átlagos karbon, hidrogén, oxigén és nitrogén tartalma*

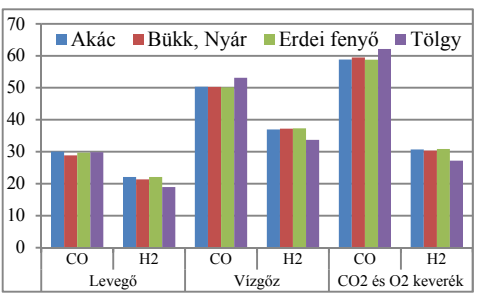
Fajta	C	H	O	N
Akác	49,5	5,9	43,3	0,4
Bükk, Nyár	51,6	6,3	41,5	0,0
Erdei fenyő	50,1	6,1	43,4	0,2
Tölgy	53,7	5,4	40,3	0,0

2. táblázat. *Fafajták átlagos kén és hamu tartalma, valamint fűtőértéke*

Fajta	S	Hamu	H_f MJ/kg
Akác	0,0	0,9	17,7
Bükk, Nyár	0,0	0,6	20,3
Erdei fenyő	0,0	0,2	19,5
Tölgy	0,0	0,6	21,2

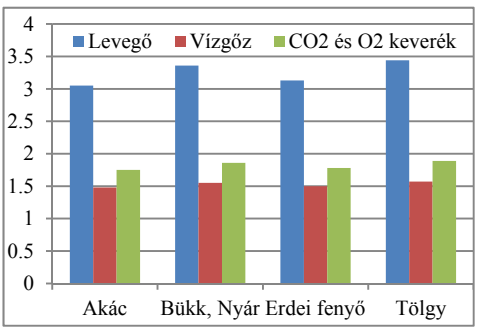
3.1. Kémiai összetétel

Szintézisgázokat már az 1790-es években is előállítottak fából (fagáz) és szénből (széngáz). A szintézisgáz éghető hidrogént és szénmonoxidot, valamint energetikailag inert szén-dioxidot, nitrogént, és egyéb komponenseket is tartalmaz [3]. Energiatermelés szempontból az éghető összetevők a legfontosabbak, amik növelik a gáz energia-tartalmát, ezért gázosítás során a cél ezen összetevők mennyiségének növelése. E törekvés a gázosító közeg cseréjével megvalósítható. Levegő helyett alkalmazhatunk bármilyen gázt, ami a szükséges oxigénmennyiség mellett valamilyen formában tartalmaz hidrogént, vagy karbont. Ilyen közeg a vízgőz, valamint a szén-dioxid és oxigén keverékét. Vizsgálatunkat mindhárom közegre elvégeztük. A fagáz szénmonoxid és hidrogéntartalmát térfogatszázalékban szemlélteti az **1. ábra**. Megfigyelhető, hogy a vízgőz, valamint a széndioxid és oxigén keverék típusú gázosító közegek alkalmazásával, egyaránt növelhető a fagáz szén-monoxid és hidrogéntartalma. Értelem szerűen a vízgőz alkalmazása a hidrogén, a szén-dioxid és oxigén gázkeverék a fagáz szén-monoxid tartalmának növelésre fejt ki nagyobb hatást.



1. ábra. *A fagáz szén-monoxid és hidrogéntartalma különböző gázosító közegek esetén térfogatszázalékban*

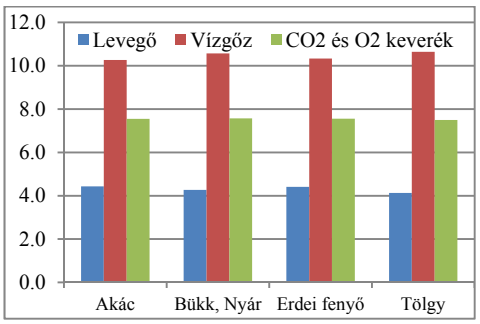
A kémiai összetétel mellett az előállított fagáz fajlagos mennyisége is lényeges szempont **(2. ábra)**. Levegő segédgáz alkalmazásával lehet a legnagyobb mennyiségű fagázt előállítani. Ez esetben megjelennek a ballaszt gázok, mint például a levegőben lévő nitrogén, ami ezáltal jelentősen csökkenti a fagáz energiasűrűségét, mert a gázban lévő energiamennyiség nagyobb térfogatban oszlik el, így a hasznosítása során nagyobb térfogatú motorra, vagy nagyobb sűrítési arányra lesz szükség. Mindez kiküszöbölhető, ha lecseréljük a levegőt. Vízgőz, valamint szén-dioxid és oxigén segédgáz-keverék esetén a fagáz mennyisége közel a felére csökken, ennek megfelelően az energiasűrűsége megnő. A különböző fafajták gázosítása során kapott értékek között, szignifikáns különbséget nem tapasztalunk.



2. ábra. *Az előállított fagáz fajlagos mennyisége* $kg_{gáz}/kg_{fa}$ *mértékegységben*

3.2. Energetikai tulajdonságok

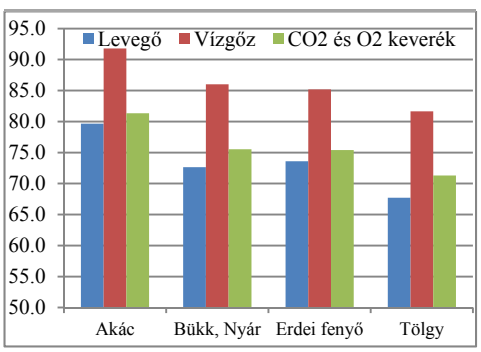
A kémiai összetétel mellett, energetikai szemszögből az egyik legmeghatározóbb tulajdonság a fagáz fajlagos energiatartalma **(3. ábra)**. A gázosító közegek szerepe és hatása jól megfigyelhető a fagáz fajlagos energiatartalmának alakulásában. Levegő segédgáz alkalmazásával a fagáz átlagos fűtőértéke 4,31 MJ/Nm^3-re adódott, vízgőz gázosító közeggel ez az érték megközelítőleg két és félszeresére növelhető (10,45 MJ/Nm^3). Hasonló tendencia tapasztalható a szén-dioxid és oxigén gázkeverék használata során is, amivel átlagosan 7,55 MJ/Nm^3 fűtőértékű fagázt termelhetünk.



3. ábra. *A fagáz fűtőértéke MJ/Nm^3 mértékben*

A gázosítási technológia hatékonyságát a kémiai, vagy reakció hatásfokkal jellemezhetjük **(4. ábra)**. A reakció hatásfok megmutatja, hogy a szilárd tüzelőanyag energiatartalmának mekkora százaléka jelenik meg az előállított fagáz energiatartalmában. Számítási módját a *(8)* jelű képlet mutatja. Ahol η_r a reakcióhatásfok, $\dot{m}_{szg}$ a szintézisgáz tömegárama, és LHV_{szg} az alsó fűtőértéke, $\dot{m}_f$ a faapríték tömegárama és LHV_f az alsó fűtőértéke.

$$\eta_r = \frac{\dot{m}_{szg} \cdot LHV_{szg}}{\dot{m}_f \cdot LHV_f} \qquad (8)$$



4. ábra. *Az átalakítás hatékonysága %-ban*

Az elemzés eredményei azt mutatják, hogy a legjobb reakciós hatásfok az akácfa gázosítása során érhető el, vízgőz segédgáz alkalmazásával. A legkisebb hatékonysággal a tölgyfából lehet fagázt előállítani. Összességében elmondható, hogy a levegő lecserélésével a hatásfok növelhető.

4. Következtetések

Az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak az erőművek hatékonyságának javítására, és az energiahordozóink hatékony kiaknázására irányuló törekvések. A biomassza tüzelésű erőművek alternatívája a gázosítási technológia, ami lehetővé teszi, hogy a szilárd biomasszából éghető szintézisgázt állítsunk elő, amely így nagyobb hatékonyságú technikai körfolyamatban hasznosítható. Gázosítás során, az alkalmazott segédgáz jelentősen befolyásolja a keletkező gáztermék energiatartalmát. Ha levegő helyett vízgőz, vagy szén-dioxid és oxigén keverékét alkalmazzuk, akkor nem csak a fűtőérték, hanem az átalakítás hatékonysága is növelhető. A hatékonyság növelése egyben hozzájárul a környezettudatos energiatermeléshez- és felhasználáshoz.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesült.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bükki, G: *Erőművek,* Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.

[2] Bodnár, I: *Biomasszából előállított szintézisgáz alternatív üzemanyagként történő alkalmazásának vizsgálata,* Multidiszciplináris Tudományok, A Miskolci Egyetem Közleménye, Miskolc, 4. kötet, 1. szám, 2014. 77-92.

[3] Red, B. T., Das, A: *Handbook of Biomass Gasifier Engine System*, The Biomass Energy Foundation Press, 1988.

[4] Wang, Y., Kinoshita, C. M.: *Kinetic model of biomass gasification,* Solar Energy, Vol. 51. No. 1. 1993. 19-25.

[5] Hanaoka, T., Inoue Uno, S., Ogi, T., Minowa, T: *Effect of wood biomass components on air-steam gasification,* Biomass and Bioenergy, Vol. 28. No. 1. 2005. 69-75.

[6] Schuster, G., Löffler, G., Weigl, K., Hofbauer, H: *Biomass steam gasification – an extensive parametric modelling study,* Bioresource Technology, Vol. 77. 2001. 71-79.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 103–106. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.18
http://hdl.handle.net/10598/28602

CSALÁDI HÁZ ENERGETIKAI KORSZERŰSÍTÉSÉNEK HATÉKONYSÁG-VIZSGÁLATA

EFFICIENCY-ANALYSIS FOR ENERGY-RELATED MODERNIZATION OF A FAMILY HOUSE

Boldizsár Csongor[1], Bodnár István[2]

[1] *Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; +36-70-668-0744, bcsongorb1@gmail.com*

[2] *Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; Telefon / Fax: +36-46-565-168, vegybod@ uni-miskolc.hu*

Abstract

The living creatures of the world are working by the precept of energy minimum. We would like to reduce the energy, and use it with preferable efficiency. In this disquisition we have examined the most important parts of the energy reduction - thermal insulation, solar cell and solar collector placements. We ran a life cycle assessment, and tested the energy efficient house. The tests showed how harmful or environment-friendly the new equipment's are during their whole lifetime - from the creating until they waste become.

***Keywords**: energy, modernization, efficiency-analysis, thermal insulation.*

Összefoglalás

A természet törvényszerűsége szerint minden élőlény, így az ember is az energiaminimum elve alapján működik. Szeretnénk minél kevesebb energiát, minél nagyobb hatásfokkal hasznosítani. Dolgozatunkban az energia-megtakarítás kiemelt típusait vizsgáltuk meg - hőszigetelést, valamint napelem és napkollektor elhelyezését. Életciklus elemzést végeztünk el, megvizsgáltuk az energetikai korszerűsítésen átesett házat. Az eredmények megmutatták, hogy milyen mértékű környezetterheléssel járnak az újítások - a teljes életciklusukat figyelembe véve, gyártástól a hulladékká válásig.

***Kulcsszavak:** energia, korszerűsítés, hatékonyság-vizsgálat, hőszigetelés.*

1. Bevezetés

Hazánkban a vidéki családi házak többsége, több mint kétmillió ingatlan 1945 és 1990 között épült. Egy átlagos ház tervezett élettartama 50 év, ezért az épületállomány megújítása napjainkra szükségessé vált. Az életminőség javítása mellett, a tulajdonosokat a környezettudatosság, az energiaköltségek racionalizálása, továbbá az egyszerű, hétköznapi kérdések ösztönzik az átalakításokra. A korszerűsítés egyik indító oka a magas fűtésszámlák kifizetése, télen a hideg, nyáron pedig a túlzott felmelegedés, a közúti forgalom fokozott zajterhelése, a levegőszivárgás, valamint ami a falak gombásodásához és penészesedéséhez vezet. Ezek a problémák a jól megválasztott hőszigeteléssel megszűnnek, s akár 70 százalékkal is csökkenthetők az energiaköltségeink [4].

2. A hőtani modell alapvetései

A vizsgált épület egy 110 m^2 alapterületű, gázszilikát építésű családi ház, amely beépített tetőtérrel rendelkezik. A ház felállított hőtani modelljében elhanyagoltuk azokat a változókat, amelyek a felújítás előtti és utáni állapotban is megegyeznek. Például feltételeztük, hogy a felújítást követően is ugyanannyi személy él a házban, valamint ugyanannyi technikai berendezést működtetnek, mint korábban. A felállított modellben további elhanyagolásként a szellőztetést figyelmen kívül hagytuk, illetve feltételeztük, hogy ugyanolyan hőmérsékletre fűtjük fel a lakást [1].

Egy fűtési szezont három részre osztva modelleztünk: őszi, téli és tavaszi fűtési ciklus. Az őszi ciklusba az október és a november tartozik, ezeknek a hónapoknak a napi középhőmérséklet átlaga az Országos Meteorológiai Szolgálat adatai alapján, Miskolc környékén 6,5 °C, a téli ciklus hónapjainak az átlagos napi középhőmérséklete -1,6 °C. A tavaszi ciklusba tartozó hónapok a március és az április, e hónapok hőmérsékleti átlaga szintén 6,5 °C-ra adódik. A számítás során feltételezzük, hogy a lakást 21 °C-ra fűtik fel [3].

2.1. Hőtani számítás síkfal esetén

A síkfelületekre a termodinamikában használatos képletet írtuk fel a hőátszármaztatásra, ami egyszerre veszi figyelembe a falban történő hővezetést és a fal mentén létrejövő, határfelületen kialakuló hőátadását *(1)* [1].

$$\dot{Q} = \dot{q} \cdot A \qquad (1)$$

Ahol: $\dot{Q}$ [W] az adott A [m^2] felületen időegység alatt átáramló hőmennyiség, más szóval a hőteljesítmény; $\dot{q}[\frac{W}{m^2}]$ a síkfalban időegység alatt, felületegységenként terjedő fajlagos hőmennyiség, a hőáramsűrűség *(2)*.

$$\dot{q} = U \cdot (T_{\text{belső}} - T_{\text{külső}}) \qquad (2)$$

Ahol: $T_{\text{belső}}$ [K] és $T_{\text{külső}}$ [K] a fal környezetében elhelyezkedő külső és belső levegő hőmérséklete. Mivel hőmérséklet-különbséggel számoltunk, megengedhető a Celsius skála használata is. U $[\frac{W}{m^2\,K}]$ a hőátszármaztatási tényező, ami többrétegű síkfal esetén az alábbi módon számítható *(3)*.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\propto_{\text{külső}}} + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\delta_i}{\lambda_i}\right) + \frac{1}{\propto_{\text{belső}}}} \qquad (3)$$

Ahol: $\propto_{\text{külső}}[\frac{W}{m^2\,K}]$ és $\propto_{\text{belső}}[\frac{W}{m^2\,K}]$ levegő és a síkfal közötti, általában kísérleti úton meghatározható hőátadási tényező. δ_i [m] az i-edik falréteg vastagsága, λ_i $[\frac{W}{m\,K}]$ pedig az i-edik falréteghez kapcsolódó hővezetési anyagjellemző [1].

2.2. A hőhidak figyelembevétele

A modellezni kívánt épületben figyelembe kell venni azokat a helyeket, ahol nem egydimenziós hővezetés történik. Ilyenek például az épület sarkai, a mennyezet, a falak találkozása (koszorú), a nyílászárók kerületei, illetve a külső fal és a belső falak találkozásai. Ezeknek a felületeknek nagyobb a hőt felvevő oldaluk, mint a hőt leadó, így ott megnő a hőáramsűrűség. Az ilyen felületeket hőhidaknak nevezzük. A hőhidaknál fellépő plusz veszteségek figyelembevételére a 40/2012. (VIII.) BM rendelete két lehetőséget kínál: az MSZ EN ISO 1021-es szabvány szerintit, valamint egy azzal azonos eredményt adó egyszerűsített számítási lehetőséget. A korrekciós tényező meghatározására az egyszerűsített leírásmódot választottuk *(4)* [1].

$$U_R = U \cdot (1 + \chi) \qquad (4)$$

Ahol: U_R $[\frac{W}{m^2\,K}]$ a falfelület hőhíd hatásokkal módosított hőátadási tényezője, U a fal eredeti hőátadási tényezője, amit *(3)* alapján számítunk ki; χ pedig a hőhidak hatását figyelembe vevő dimenziótlan korrekciós tényező, amit táblázatból olvashatunk ki. Meghatározásához a hőhidak

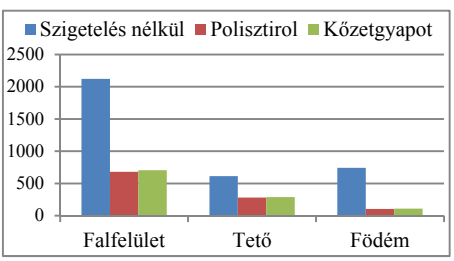
fajlagos hosszát kell figyelembe venni, amit úgy kapunk, hogy a hőhidasnak minősülő fal oldalhosszát elosztjuk a vizsgált falfelülettel. A vizsgált épület esetében minden felület erősen hőhidasnak adódott.

3. Hőszigetelés

Magyarországon alapvetően háromféle hőszigetelő típust alkalmaznak: a polisztirolt, valamint a szálas hőszigetelőket, mint az üveg-, és a kőzetgyapot. A szigetelőanyagok közül a kőzetgyapot talán kevésbé ismert, hőszigetelésként való alkalmazását, több szempontból is jó döntésnek tartják az építészek. A kőzetgyapot időtálló, gyakorlatilag az épület élettartamával megegyező tartósságú, amivel sikerül újabb évtizedekre megbízható megoldást választanunk. Mindemellett kiváló hangszigetelő, víztaszító, ezen kívül hő- és tűzálló [2].

3.1. Hőveszteségek számítása

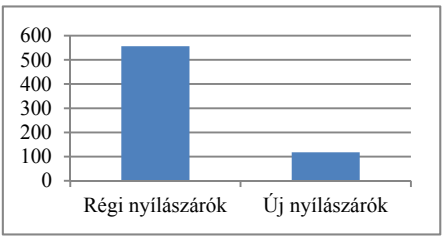
Számításaink során feltételeztük, hogy a vizsgált családi ház 10 cm vastagságú, első esetben polisztirol, második esetben pedig kőzetgyapot hőszigeteléssel rendelkezik. Ezt követően kiszámoltuk a hőveszteségeket, végül figyelembe vettük a hőhidas korrekciós tényezőt is. A pincefödém esetében mindkét anyagnál 20 cm vastagságú szigeteléssel számoltunk. Az így kapott eredményeket az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra. *Hőveszteség alakulása [W]*

3.2. Nyílászárók cseréje

A lakóházak hővesztesége elsősorban a rosszul szigetelő ablakoktól és ajtóktól származik**.** Ha gondoskodunk régi nyílászáróink szigetelésének megújításáról, a hőveszteséget minimálisra csökkenthetjük. Az energia megtakarításon keresztül költségmegtakarítást is el tudunk érni. A vizsgált épületnél műanyag nyílászárók beszerelésével számoltunk (**2. ábra**).



2. ábra. *Hőveszteségek alakulása új nyílászárók esetén [W]*

4. Megújuló energiaforrások felhasználása

A vizsgált épület tetőszerkezetére napelem- és napkollektor-rendszer telepítését terveztük. A napelemes rendszert úgy méreteztük, hogy az a villamosenergia-fogyasztás kétharmadát fedezze (áramszolgáltatói előírás). A napkollektoros rendszernél a teljes használati melegvíz előállításához szükséges hőmennyiség szolgált alapul [2].

4.1. Napelemes rendszer

A napelemes rendszer teljesítményének meghatározásához figyelembe vettük a Miskolc környékére jellemző, egy m^2-re vonatkoztatott éves napenergia-mennyiséget, délnyugati-tájolású, 46 °-os dőlésszögű felületen, valamint a választott napelem és a rendszer kompenzált hatásfokát. A családi ház éves villamosenergia-igényének kétharmadát egy 2 kW csúcsteljesítményű napelemes rendszer tudja kielégíteni, ami 8 db egyenként 250 W csúcsteljesítményű napelemből építhető fel.

4.2. Napkollektoros rendszer

A napkollektoros rendszer méretezése során, elsőként meghatároztuk az éves melegvíz-fogyasztáshoz szükséges hőmennyiséget, amit a kollektorokkal szeret-

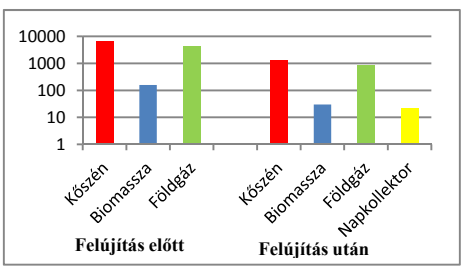
nénk előállítani. Ezt követően az *(5)* jelű képletet felhasználva meghatároztuk a szükséges kollektorok darabszámát [2].

$$Q = 0{,}9 \cdot N \cdot A \cdot Q_{éves} \cdot \eta \qquad (5)$$

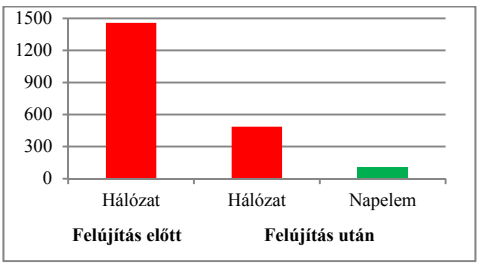
Ahol: N a kollektorok darabszáma, A [m^2] egy kollektor felülete, $Q_{éves}$ $\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év}\right]$ a kollektor által termelhető éves energia egy négyzetméteren, η pedig a kollektor-hatásfok. A 0,9 egy korrekciós tényező, ami a tető dőlésszöge és tájolása alapján került meghatározásra. Végezetül az éves melegvíz igényt egy 8 m^2 felületű síkkollektortelep tudja kielégíteni.

5. Üvegházhatású gázok emissziója

A globális felmelegedés szempontjából kiemelt jelentőséggel bírnak az üvegházhatású gázok kibocsátása. Az energetikai hatékonyság növelésével jelentős szén-dioxid megtakarítást érhetünk el. A fűtésre használt energiából származó üvegház gázok kibocsátását a **3. ábra** szemlélteti különböző tüzelőanyagok alkalmazása esetén. Megfigyelhető, hogy a korszerűsítést követően jelentősen csökkent a CO_2 kibocsátás. Hasonló tendencia tapasztalható a villamos energia előállítására vonatkozóan is (**4. ábra**). A magyar energia mixel számolva a családi ház éves villamosenergia-fogyasztásából mintegy 1.500 kg CO_2 egyenértékű üvegházhatású gáz került a levegőbe. A napelemes rendszer beüzemelését követően ez az érték 60%-kal csökkent.



3. ábra. *Hőenergiából származó üvegház hatású gázok kibocsátása [kg CO_2-e/év]*



4. ábra. *Villamosenergia-termelésből származó üvegház gázok emissziója [kg CO_2-e/év]*

6. Következtetések

A vizsgált családi ház esetében az energetikai korszerűsítésnek köszönhetően jelentős energia megtakarítást lehet elérni. Az épület hőszigetelésével, a fűtésre használt vezetékes földgáznak mintegy harmadára lenne szükséges a jövőben. A melegvíz előállításához szükséges hőenergiát teljes mértékben a napkollektoros rendszer fedezné. A villamosenergia-igény a beruházás után, egyharmad részben továbbra is a hálózatból kerülne vételezésre, a fennmaradó részt a napelemek állítanák elő. Mindezzel csökkent a fosszilis energiaforrásoktól való függés. Összességében elmondható, hogy a teljes energetikai korszerűsítésnek köszönhetően nem csak energia, hanem költség és szén-dioxid megtakarítás is elérhető.

7. Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesült.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Schifter, F, Tolvaj, B.: *Épületenergetika,* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2011.

[2]Bartholy, J., Breuer, H., Pieczka, I., Pongrácz, R., Radics, K.: *Megújuló energiaforrások,* ELTE, oktatási segédlet, 2013.

[3] Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisa

[4] Edelényi, B.: *A magyarországi lakásállomány helyzete, várható hatása az építőiparra,* SZTE, Oktatási segédlet, 2002.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 107–110. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.19
http://hdl.handle.net/10598/28603

ATOMERŐMŰI BÓRKARBID SZABÁLYZÓ RÚD ROBBANTÁSOS PORTÖMÖRÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

EXPLOSIVE POWDER COMPACTING TECHNOLOGY OF NUCLEAR POWER PLANT'S BORON-CARBIDE REGULATOR ROD

Borbély László[1], Rácz Pál[2]

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástechnológiai Intézet, Cím: 1038 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8; Telefon: +36-1-6665430,

[1] *lborbely11@gmail.com*

[2] *racz.pal@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

There are several methods can be used for producing regulator rods of nuclear power plants. Due to the small number of rods to be produced, the production process could be very costly, therefore not only the quality requirements but the production costs have to be considered for selecting the suitable production technology. The powder compacting by explosion is a low cost and easy controllable technology, while the selection of right technological parameters requires large amount of practical knowledge. Regulator rods are made of powder material, like boron carbide powders, having neutron absorbing properties, which ability could be improved by compacting of these powders. Among the other technologies, explosive compacting is a possible method to meet this aim. In this paper the explosion compacting has been introduced; discussing in details the compacting methods of boron carbide powders, presenting the possible technological solutions, further the explosive compacting experiments. Properties of sample test pieces have been analysed, in order to prove applicability of explosive powder compacting technology.

Keywords: *nuclear power plant, control rod, boron carbide, explosive powder compacting.*

Összefoglalás

Az atomerőműi szabályzó rudak gyártására különböző megoldások alkalmazhatók. A kis darabszám miatti egyedi gyártás igen költséges lehet, így nem csak a megfelelő minőséget szolgáltató, de költséghatékonyságot eredményező technológiát kell választani. A robbantásos portömörítés egy olcsó és kézben tartható technológia, bár a technológiai paraméterek megválasztása számos gyakorlati ismeretet követel meg. A szabályozó rudak neutron elnyelő anyagból, például por formájú bórkarbidból készülnek, amelyet a neutron elnyelő képesség fokozása érdekében tömöríteni kell. A por tömörítésére, többek között, a robbantásos alakítás használható. A cikkben bemutatjuk a robbantásos portömörítési eljárást; részletesen ismertetjük a bórkarbid por tömörítésének technológiáit, bemutatjuk a lehetséges technológiai megoldásokat, az elvégzett robbantásos kísérleti alakításokat. Elemezzük a kísérletek során készült mintadarabok tulajdonságait, amelyek alapján bizonyítjuk a robbantásos portömörítési technológia alkalmazhatóságát.

Kulcsszavak: *atomerőmű, szabályzó rúd, bórkarbid, robbantásos portömörítés.*

1. Bevezetés

A világon az atomenergia alkalmazása széles körben elterjedt, hazánk energiafelhasználásának közel 40%-át atomerőműben állítják elő. Napjainkban minden üzemben levő reaktor a hőt a maghasadásokból nyeri. A maghasadás során egy nehéz kémiai elem két kisebbre hasad, természetes, vagy mesterséges úton Az atommagot mesterségesen neutron befogással lehet hasítani. A maghasadás közben energia szabadul fel, a reakciótermékek mozgási energiájaként, illetve gamma-sugárzásként. Az urán esetében az atommag befog egy lassú (termikus) neutront, majd két kisebb magra bomlik, miközben 1-3 gyors neutron is felszabadul. Így a maghasadás több neutront kelt, mint amennyit elhasznál, az egész folyamat önfenntartó lesz, létrejön a láncreakció. A maghasadások számát, és ily módon a reaktor hő-teljesítményét szabályozni kell a biztonságos működés érdekében:

- neutronelnyelő szabályzó rudakkal;
- moderátorba kevert bórsavval;
- moderátor mennyiségével;
- a tüzelőanyag elrendezésével.

Az atomerőművek biztonságos üzemeltetése jelentős kihívást jelent, ezért a szabályzó rúd a reaktorban létrejövő folyamatok kézbentartása szempontjából nélkülözhetetlen. A szabályzó rudak neutronelnyelő anyagból, például kadmiumból vagy bórkarbidból készülnek, melyek nagyobb valószínűséggel nyelik el a neutronokat, mint a hasadó elemek. A rudakat fel- és lemozgatják az aktív zónában. Amikor lejjebb süllyednek, több neutront nyelnek el, ezáltal csökken a maghasadások száma. A kihúzásuk esetén pedig nő a maghasadások száma, gyorsul a láncreakció. A veszélyhelyzetekben önműködő szabályzó rudak szolgálják a balesetek elhárítását [1].

2. A szabályzó rudak gyártásának módszerei

A szabályzó rudak gyártására különböző megoldások alkalmazhatók, de a kis darabszám miatt az egyedi gyártás igen költséges lehet. Nem célszerű erre külön szerszámokat, célszerszámgépeket gyártani, mert nagyon megdrágítaná a szabályozó rúd gyártását. A megfelelő technológia kiválasztása gyártás szempontjából elengedhetetlen, hiszen a magas minőségi elvárások mellett, a költséghatékonyságot is szem előtt kell tartani. Napjainkban az atomerőműi szabályzó rudak előállítása porkohászati úton történik. Ezt a módszert olyan feladatok teszik szükségessé, amelyek más, általánosan ismert eljárásokkal nem oldhatóak meg. Előfordulhat azonban az is, hogy a porkohászati módszer alkalmazása nem kényszerítő szükségesség, de a jobb minőség és a gazdaságosabb gyártás érdekében mégis ezt használjuk. A porkohászat egy olyan technológiai eljárás, amely fél- és késztermékek, fém vagy egyéb porokból való gyártásával foglalkozik. A technológia alapfeladata a por alakú anyagrészecskék közötti érintkezés megnövelése. Ez két úton érhető el:

- a részecskék külső erők által történő deformálásával (sajtolással);
- az atomok érintkező felületén való összezsugorításával, ami nagy hőmérsékleten az atomok megnövelt mozgékonysága révén jön létre (zsugorítás vagy szinterelés).

Az ismert porkohászati technológiák a fenti két eljárás különféle kombinációi. Az alakítás sebessége alapján osztályozva, statikus és dinamikus eljárásokat különböztetünk meg. A hagyományos porkohászat a statikus eljárások közé tartozik, melynek során a porokat illetve keverékeket üreges szerszámban a kívánt alakra sajtolják, majd az aránylag kis

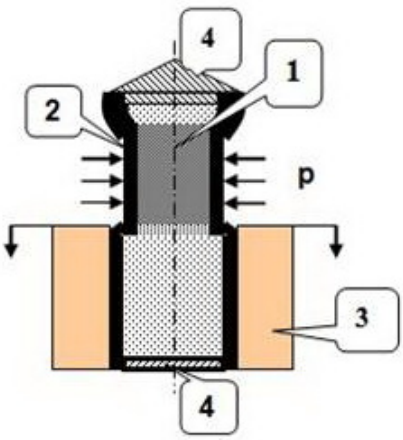
szilárdságú sajtolt munkadarabot védőgáz alatt hőkezelésnek vetik alá. A magas hőmérséklet miatt fellépő diffúziós kölcsönhatás következtében kötés alakul ki a szemcsék között, melynek eredményeképpen egységes szilárd test keletkezik. Ezzel a technológiával elérhető a kívánt minőség, de évente csak minimális számú szabályzó rúd gyártása szükséges, ami jelentős költségű. A különböző sajtoló- és hőkezelő berendezések alkalmazása, nagymértékben drágítják az előállítás folyamatát.

3. A szabályzó rudak gyártása robbantásos portömörítéssel

A készítendő alkatrész gyártásának másik lehetősége a robbantásos portömörítés, amely a dinamikus eljárások közé tartozik. Ezek az eljárások a porokat illetve porkeverékeket nagy energiájú nyomásimpulzussal tömörítik. Elsősorban olyan fém, kerámia, illetve keverék porok tömörítésére alkalmasak, melyek hagyományos porkohászati eljárásokkal nem vagy nehezen tömöríthetők [2]. A robbantásos portömörítés alkalmas technológia, különböző egyedi vagy kis sorozatú alkatrészek gyártására, mivel a technológia során nem szükséges drága szerszámokat gyártani, illetve a tömörítés energiaigényét is olcsó robbanóanyaggal biztosítani lehet. A kémiai robbanás eredményeként, nagysebességű reakció során, hirtelen nagy hő fejlődés mellett, nagymennyiségű gáz képződik. A magas hőmérsékleten a gázok kitágulnak, a levegőben lökéshullámot generálva. Ennek energiáját használjuk fel a fémalakító, megmunkáló robbantások során. A robbantásos fémmegmunkálási eljárások műszaki és gazdasági előnyeit akkor tudjuk kihasználni, ha speciális munkaterületeket alakítunk ki biztonságtechnikai és munkavédelmi szempontokat figyelembe véve. A robbantásos portömörítés napjainkban egy olcsó és kézben tartható technológia, meglehet a technológiai paraméterek megválasztása számos gyakorlati ismeretet követel meg.

3.1. Tengelyszimmetrikus robbantásos portömörítés

A nyomásimpulzus a hengeres tartályban elhelyezett tömörítendő por teljes külső felületére hat. A tartályt robbanóanyaggal kell körülvenni, ennek inicializálásával, 10^8 - 10^{11} Pa csúcsnyomású, nyomáshullám hozható létre. Ez a nyomáshullám egy „húzógyűrűként”, a detonáció sebességével (2000 - 7000 m/s) mozog a henger tengelyével párhuzamosan, a hengeres tartály anyagát képlékenyen alakítja, beszűkíti, a benne lévő port tömöríti.



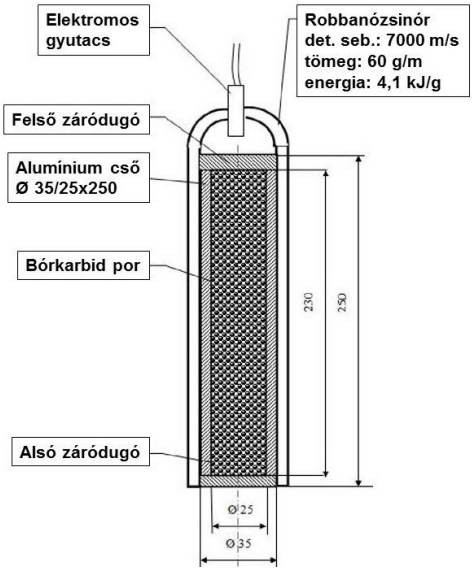
1. ábra. *A tengelyszimmetrikus robbantásos portömörítés vázlata:*
1 – por, 2 – portartály (fémcső),
3 – robbanóanyag, 4 – végzáró,
5 – elektromos gyutacs, p – tömörítő nyomás

A robbantásos fémalakításnál a nyomás nagyságát a megfelelő detonációsebességű robbanóanyag kiválasztásával lehet befolyásolni. A robbanás által létrejövő nagy nyomás néhány mikro-szekundumig hat, de ez a nyomás nagyságrendekkel

nagyobb, mint a fém statikus terhelésekor alkalmazható nyomófeszültség. A nagy detonációsebességgel terjedő nyomásimpulzus hatására, a fémfelületen kialakuló feszültségek, ennek a sebességnek a nagyságától függően, különböző módon terjedhetnek a céltárgy belseje felé. Ha a detonációsebesség nem éri el a hangsebességet, akkor a felületen képlékeny alakváltozás jön létre, ami elnyeli a robbanás során a fémmel közölt energia egy részét. Ez az alakváltozás csak bizonyos mértékig terjed a fém belseje felé, az elérhető alakváltozás mértéke a detonáció helyétől távolodva jelentősen csökken. Amennyiben a detonációsebesség meghaladja a hangsebességet, nem alakul ki képlékeny alakváltozás. A fémben ilyenkor fellépő erősen lokalizált, rugalmas lökéshullámok a test valamely részén, a többi folyamatoktól teljesen függetlenül hatnak. Ezek a hullámok lassan csillapodnak, és a fém megrongálódásához vezetnek.

3.2. Robbanózsinóros portömörítés

A modellkísérletek során több, különböző méretű rudat készítettünk, majd vizsgáltuk méret és alak megfelelőség szempontjából. Több kísérlet elvégzése után arra a következtetésre jutottunk, hogy a robbantás eredménye robbanózsinór alkalmazásával jobb lesz. A robbantás során keltett sokkhatás következtében, a cső alakítása egyenletes mértékű lett, körkörös, megfelelő méretű rudat kaptunk. A robbanózsinór detonációsebessége sokkal nagyobb, mint a korábbi kísérletek során alkalmazott ammónium-nitráté, viszont a robbantás folyamata sokkal könnyebben szabályozható.



2. ábra. *A robbanózsinóros portömörítés vázlata*

3. Következtetések

Kísérleteink igazolták, hogy egy olcsó és egyszerű technológia kidolgozásával, költséghatékonyabbá tehető a szabályzó rudak gyártása.

A robbanózsinór alkalmazása célszerűbb a szabályzó rúd gyártásához, annak ellenére, hogy a detonációsebessége nagyobb, mint a robbanóporé. Feltehető, hogy a robbanás kinetikája ad erre magyarázatot.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 7031 Paksm Pf.71. www.atomeromu.hu (2014/10)

[2] Göbl, N., Horváth, D., Kovács-Coskun, T., Lukács, L., Rácz, P., Szalay, A., Zádor, I.: *Nagyenergiájú Fémmegmunkálás*, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013, 226.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 111–114. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.20
http://hdl.handle.net/10598/28604

A ROBOTINO OKTATÓI ROBOT KAMERAKÉP FELDOLGOZÁSÁNAK ÉS SZÍNFELISMERÉSÉNEK ELEMZÉSE

THE ROBOTINO EDUCATION ROBOT'S CAMERA PICTURE PROCESSING AND COLOUR RECOGNITION PROCESS

Henrique Venga Cardoso[1], Lucas Mesquita Diniz[2], Tolnai András[3]

[1]*Universidade Federal de Lavras – UFLA – Campus Universitário, Zip Code: 37200-000, Lavras-MG, Brazil*
Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, , henriqueveca@gmail.com

[2]*Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ – Campus Alto Paraopeba - C.A.P- Ouro Branco - MG Zip Code: 36420-000*
Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, lucasmdiniz@live.com

[3]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, tolnai.andras@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

This paper is part of a project work which uses a didactic robot platform to simulate, train and do some automation works that in the future can be applied in the industrial area. The robot used in this project is the Robotino® from Festo Didactic. Its hardware consists of didactically suitable industrial components such as sensors (bumper, infrared), drives, webcam, optical wheel encoders and multiple digital and analog inputs/outputs.

The task is, to find in the environment the subject with given color, and mark the target as a target position. The task is based on the camera-picture processing and automation. It uses a Robotino View software that makes possible to program the robot. It shows how the webcam can recognize the color spectrums and how the robot will move according with the specific order that was preset.

Keywords: *Robotino, camera picture processing, color recognition.*

Összefoglalás

Jelen értekezés egy nagyobb projekt részét képezi, melyben egy oktató robottal szimulálhatjuk, vizsgálhatjuk a mobilrobotok működését, előrevetítve különböző, jövőbeli ipari alkalmazásokat. A projectben -és így a jelen munkában használt eszköz egy Robotino®, fantázianevű mobilrobot, mely a Festo Didactic cég terméke. Az eszköz el van látva mindazon hardver elemekkel, melyek megtalálhatók az ipari termékekben is. Ilyenek -a szenzorok tekintetében az ütközőkapcsolók, vagy az infraérzékelők. További fontos részek: a hajtáslánc, optikai kerékelfordulás érzékelő, többfunkciós, digitális és analóg ki- és bemenetek.

A célul kitűzött feladat szerint a robot, egy adott környezetben, egy előre megadott szín alapján felismer egy céltárgyat. Ezek után a robot, ennek a céltárgynak meghatározza a térbeli pozícióját. A feladat egy kamerakép feldolgozó program segítségével lett megvalósítva. A felhasznált alkalmazás a

Robotino ”Látó” szoftvere, mellyel a robot mozgásának programozására is lehetőség nyílik . Az értekezésben bemutatásra kerül továbbá az is, hogy hogyan határozható meg a webkamera képből egy fényspektrum és ennek alapján hogyan alakul ki a robot mozgása egy meghatározott program szerint.

Kulcsszavak: *Robotino, kamerakép feldolgozás, színkeresés.*

1. Introduction about Robotino

Made by Festo Didatic and used for research, education and training, the Robotino is a robot which can be programmed in RobotinoView, C, C++, Java, NET, Matlab, Simulink, Labview and Microsoft Robotics Developer Studio.

It has an omnidirectional drive (Omni drive), which permits the Robotino to travel in all directions and also rotate around itself, a high performance controller, different sensors and a VGA camera. All this devices make the Robotino autonomous and give it the necessary “intelligence”.

The connection between the Robotino and the PC can be made via wireless LAN, through this connection the controller can access and program multiple tasks.

Besides the original sensors of the Robotino, additional sensors and actuators can also be connected via an I/O interface.

With the Robotino and its versatility is possible for the students to improve different skills and see what happens outside the theory.

2. Project Work

The basic task of this project is that the Robotino has to look for a coloured disc (puck), and go to the disc, and take it to the inicial or target position.

Behind this task there are many elements to be considered: sensors, tasks, programming and the most important, how the Robotino’s webcam can recognise the colour spectrum.

The Robotino robot is totally automated and connected to the PC via wireless. This connection allows the Robotino to do multiple tasks according to what it is the main idea of the project.

2.1. Project Development

In this project, it was used a software called Robotino View. Although the Robotino accepts many programming languages, the Robotino View is the main and simplest software that can be used. It uses a block interface function that makes it quite interactive.

These blocks are predetermined and each one has its own proposal. Because of it, it is easy to control, configure and set the further actions of all devices that belong to the Robotino.

As the main target of this task is to show how the webcam can recognize the color spectrum, which is quite a large task, it will be split into three main function blocks: Camera, Color Range Finder and Segment tracker.

Thenceforth, the next step is to program once the robot will do when it recognizes the correct color.

3. Main Function Blocks

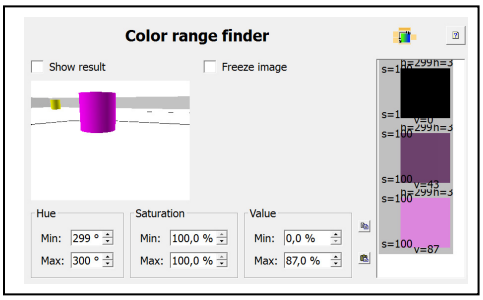
3.1. Camera

This is the simplest but not least important function block in this task. It has a single objective: set the live image or the last image that was seen by the webcam as output.

Using the software the user can see online the webcam image.

3.2. Color Range Finder

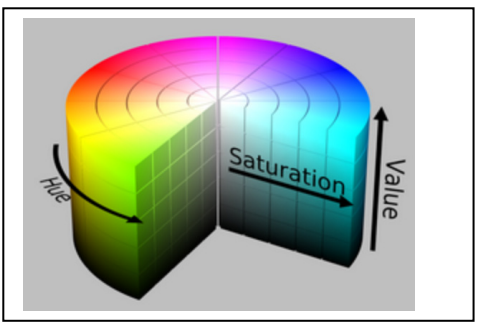
This is the most important function block in this project. The Color Range Finder will take the image of the camera and with this image the user will be able to choose which color will be the desired one.



1. figure. *Selecting the desired color*

The figure above shows the Color Range Finder window. A simulation software was used in order to generate a site, which is shown on the window. By clicking or dragging with the mouse on the desired color, the function block sets all the configurations automatically.

These configurations are calculated by the HSV color space. The 2.figure below shows how the HSV works.



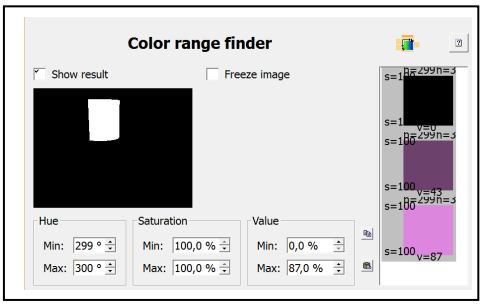
2. figure. *HSV color space*

The bases are the hue, saturation and value.

- Hue is an angle. H=0°=red., H=120°=green and H=240°=blue.
- Saturation denoted by S is given in percent. 0%=grey. 100%=pure color.
- Value (V) is given in percent. 0% means no brightness and 100% means full brightness.

These parameters are the three boxes at the bottom of the 1. figure.

After the color set, if the "Show result" box on the 1. figure is ticked a grey scale image will be shown, where the white points are the desired color. This image is the output of this function block.



3. figure. *Grey scale image*

3.3. Segment Tracker

The segment tracker is the most complex function block in this task. It receives a grey scale image, which comes from the filter, as its input and tracks the white point on the image.

Even though this block has 7 outputs, it will only be needed 2 of them. The first one is the X-coordinate, which is where the white point is with respect to the x-axis; and the second one is the sixth output port, which gives a 0 if there are no white points on the image and 1 if one or more white points were found.

4. Conclusion

This project work was created with the basic idea of make some robot looking for a colored disc, but this paper shows that what is behind this basic idea is not that simple. Using the Robotino and the intelligent laboratory of the Bánki Donát Faculty (iSpace/iRoom), it was possible to discover how a camera can process the image, recognize colors and make it a useful data [4].

Despite it was in a lab scale, where everything was small, know how to do this kind of task can be very useful in an

industrial scale. There the robots are bigger but they have the same sensors, drives and programming functions that the Robotino has.

5. Acknowledgements

This paper was developed during the exchange program Science Without Borders, supported by the Brazilian government institutions: CAPES and the Ministry of Education.

This work was also sponsored by the Hungarian National Scientific Fund (OTKA 105846). The project was realized through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund, TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002.

6. References

[1] Robotino Manual - http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/544305_robotino_deen2.pdf , pages 60-61. Festo Didatic

[2] http://www.festo-didactic.com/int-en/services/robotino/hardware/interface/?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zNC4xNDQw

[3] Robotino View Software Help Library – Image Processing – Color Range Tracker

[4] A.R.Várkonyi-Kóczy, I. Nagy, I. Langer, E. Tóth-Laufer: *Intelligent Space: New Challenges in Research and Education*, in Proc. of INES2013, 17th International Conference on Intelligent Engineering Systems, Costa Rica, 2013, PP.: 357-364.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 115–118. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.21
http://hdl.handle.net/10598/28605

SZERVEZETI BELSŐ KOMMUNIKÁCIÓ

ORGANIZATIONAL INTERNAL COMMUNICATION

Csüllög Mihály[1], Matkó Andrea[2], Váró Kata Anna[3]

[1]*Műszaki menedzser hallgató: Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028 Debrecen Ótemető utca 2-4, Telefon: +36 (52) 415-155/77730, mcsullog@lib.unideb.hu*

[2]*Adjunktus: Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028 Debrecen Ótemető utca 2-4, Telefon: +36 (52) 415-155/77730, andim@eng.unideb.hu*

[3]*Tanársegéd: Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028 Debrecen Ótemető utca 2-4, Telefon: +36 (52) 415-155/77730, varokata@eng.unideb.hu*

Abstract

Internal communication has a vital role in the everyday operations of organizations. Our aim to describe in details the elements of internal communication, its functions and enlist the key factors aiding or hindering it. We present the questionnaire-based study we carried out concerning the internal communication of a nonprofit organization. The aim of the study is to explore the features of organizational internal communication and to uncover whether the results support our initial hypotheses or not. This publication describe details from this test results.

Keywords: *internal communication, communication, organization.*

Összefoglalás

A szervezeti belső kommunikációnak kitüntetett szerepe van a szervezetek mindennapi kiegyensúlyozott működésében. Kutatásunk során a szervezeti belső kommunikáció összetevőit, funkcióit, segítő és gátló tényezőit, fejlesztési lehetőségeit és a szervezetek életében játszott szerepét vizsgáltuk szervezeti belső kommunikációs kérdőív segítségével. Célunk a választott szervezet belső kommunikációs jellemzőinek a feltárása és a felállított hipotéziseink bizonyítása volt. Ebben a tanulmányban az elvégzett vizsgálat részletei kerülnek bemutatásra.

Kulcsszavak: *belső kommunikáció, kommunikáció, szervezet.*

1. Bevezetés

A XX. század közepétől megnőtt a civil társadalom információs igénye, a közügyekben való részvételi szándéka és az üzleti élettel szembeni érdekérvényesítési törekvése és ez a profit és nonprofit szervezeteket egyaránt arra kényszerítette, hogy a közvetlen befolyásolás helyett a meggyőzésen alapuló kommunikációra, a konszenzust kereső diskurzusra helyezze a hangsúlyt a külső és belső közönségükkel szemben egyaránt. Természetes módon előbb a profitorientált cégek ismerték fel a változás szükségességét, de nyomukban járva a nonprofit területeken is tudatosan kezdték szervezni és tervezni a szervezeti

kommunikációt, ami elégedettebb belső és külső partnereket eredményezett [5].

2. A kutatás

A kutatásunk során egy 120 alkalmazottal működő nonprofit szervezet dolgozói körében átfogó kérdőíves felmérést végeztünk a szervezet belső kommunikációs jellemzőinek és működési hatékonyságának a feltárására.

A nyereségorientált és nonprofit szervezetek kommunikációja között lényegi különbség nincs [5], így a vizsgálat tárgyát képező szervezet kiválasztásánál a szervezet felépítése és mérete volt a fő irányadó.

A kutatás során alkalmazott kérdőívet Semeginé dr. Tariszka Éva „Szervezeti belső kommunikáció rendszerének korszerű kialakítása”- című doktori értekezésében használta, így biztosítva volt annak alkalmazhatósága, hitelessége. A mérést 2014 októbere során végeztük és a lezárásáig összesen 64 kitöltött kérdőív került visszaküldésre, tehát a megkérdezettek 53,33 %-a válaszolt.

Tekintve, hogy többféle csoportosítási szempont is alkalmazva volt a minta kiértékelésénél, így számításba lett véve, hogy 100 fő alatt nincs különösebb értelme a százalékolásnak és 30 főnél pedig az átlag értékek számításának [1], ezért az elemzés során túlnyomórészt átlag és szórásértékekkel lettek reprezentálva a kapott eredmények. Az átlagértékek között a 0,5-es különbség volt szignifikánsnak tekintve.

Jelen rövid tanulmányban részben ismertetve lesz, hogy a belső kommunikáció milyen tényezőket befolyásolhat a szervezet életében a dolgozók elképzelése szerint, valamint a vizsgált szervezetben alkalmazott kommunikációs csatornák használati gyakorisága kerül bemutatásra.

2.1. Szervezeti belső kommunikáció

A szervezeten belüli kommunikáció lényegében olyan egy vagy kétirányú közlési folyamat, mely akár élő szóban akár írásos formában információáramlást jelent a vállalati stratégiával, változásokkal és a hétköznapi folyamatokkal kapcsolatosan [4], amely a közös cél érdekében végzett munka tervezését, irányítását, ellenőrzését, értékelését, a működési feltételek biztosítását, az erőforrások összehangolását teszi lehetővé. Közvetíti az értékeket, a normákat, a szervezeti kultúrát, fontos szerepet játszik a hatalmi struktúrák működésében, a szervezeti szerepek betöltésében, a munkahelyi légkör alakításában, valamint része van a munkahelyi konfliktusok kialakulásában, kezelésében és megoldásában [2]. ”Célja olyan kölcsönösen előnyös kapcsolat létrehozása és fenntartása a szervezet menedzsmentje és alkalmazottjai között, amelytől a szervezet léte és sikeres működése függ [5].”

A szervezeti belső kommunikáció fogalmát teljes mértékben alátámasztja a lefolytatott vizsgálat is. A választ adó alkalmazottak úgy vélekedtek (1. táblázat), hogy a szervezeti belső kommunikáció nagy hatással van a munkahely légkörére (4,19), a vezető-vezetett közötti kapcsolatára (4,20), az egységek egymás közötti viszonyára (4,19), a bizalom-bizalmatlanság légkörének alakulására (4,38), a konfliktusok generálódására (4,08). Ugyanígy fontosnak tartják a feladatok pontos értelmezésében (4,28), a szervezet működési hatékonyságában (4,23) és a szervezeti kultúra, a közös értékek közvetítésében (4,13).

A vezetés döntéshozatali mechanizmusára 3,61-os átlagérték lett számítva, ami szignifikánsan eltért a többi átlagértéktől, de lényegében még jónak mondható. Az alacsonyabb érték oka vélhetően az, hogy a szervezet erősen

formalizált, és mátrix alapú, magas hierarchiaszintű struktúrával rendelkezik. A legfontosabb döntések így a vizsgált szervezet esetében vezetői értekezleteken születnek, a dolgozók nem vesznek közvetlenül részt a döntéshozatalban, ezért vélhetően úgy gondolják, hogy a szervezeti belső kommunikációnak nincs, vagy nem lehet jelentős hatása a döntések meghozatalában.

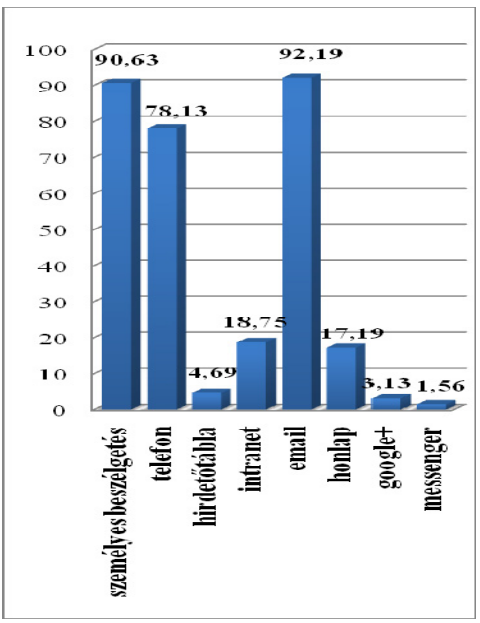
1. táblázat. *A belső kommunikáció által befolyásolt tényezők fontossága a válaszadók szerint*

	Átlag	Szórás
munkatársak közérzetét	4,19	0,774
vezető-beosztott közötti viszonyt	4,20	0,717
szervezeti egységek egymáshoz való viszonyát	4,19	0,710
bizalom-bizalmatlanság légkörének kialakulását	4,38	0,807
szervezeten belüli konfliktusok kialakulását	4,08	0,783
vezetés döntéshozatali mechanizmusát	3,61	0,953
feladatok pontos értelmezését és végrehajtását	4,28	0,845
szervezeti működés hatékonyságát	4,23	0,831
szervezeti kultúrát és etikát	4,13	0,917

Az egyes válaszlehetőségekre kapott alacsony szóródási értékek jelzik, hogy a dolgozók közel hasonló véleményen vannak, tehát a kapott átlagértékek a szervezet egészére általánosíthatóak.

2.2. Kommunikációs csatornák használata

Az emberek legszívesebben szemtől szembe szeretnek kommunikálni. Ez a forma lehetőséget biztosít az azonnali reflektálásra, válaszadásra, visszajelzésre a kommunikációs partner felé. Ez a kommunikáció kiegészül a nonverbális jelekkel (a személyes kommunikáció során használt jelek 65 %-a nem verbális jel, pl. mimika, testtartás, hangsúly és így tovább), ami szavak nélkül segíti, hogy többet tudjunk meg a beszélgető partner pillanatnyi lelki állapotáról, kedvérő és így tovább.



1. ábra. *A szervezet alkalmazottai által használt kommunikációs csatornák (%-os értékek)*

A belső kommunikációs csatornák vizsgálatánál a szakirodalmat is alátámasztva a személyes kommunikáció fontossága egyértelműen igazolódott (**1. ábra**). A teljes minta értékei alapján kiemelkedik a személyes beszélgetés (90,63 %), ami bizonyítja, hogy az emberek

valóban szemtől szembe szeretnek leginkább egymással információkat megosztani. Az első helyen ennek ellenére az e-mailben (92,19%) történő üzenetváltás áll. Ezt magyarázza a szervezet széttagoltsága és viszonylag nagy mérete, valamint az, hogy az írásban továbbított információ lehetőséget ad a későbbi ellenőrizhetőségre, valamint hivatkozási alapot is biztosít a felek számára. Ugyanakkor az erősen formalizált szervezetek modernkori legmegfelelőbb kommunikációs csatornája is kétségtelenül az e-mail. A telefon a harmadik legkedveltebb kommunikációs eszközforma volt (78,13 %). A teljes mintából hárman jelöltek meg egyéb lehetőséget. Két fő a google+-t, és egy a messengert. Rendszerint az ilyen jellegű szoftverek jobb kezelhetőséget és több lehetőséget biztosítanak a felhasználó számára, mint egy egyszerű munkahelyi levelező rendszer, de többnyire nem formalizáltak a szervezetek életében, és emiatt kevesebben is alkalmazzák.

A kommunikációs csatornák használata a vezetők és a vezetettekre is csoportosítva lett és egy fontos megállapítást lehetett tenni. A vezetők 100%-os mértékben szívesen alkalmazzák a személyes beszélgetés, a telefon és az e-mail adta lehetőségeket, ami mindenképp örvendetes és követendő példa. Ennek oka, hogy a vezető, mint a szervezet menedzsere folyamatosan vezeti, irányítja, koordinálja a szervezet életét, ami megköveteli a kommunikációs csatornák széles körű használatát. Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy ezáltal biztosítva van a dolgozóknak, hogy bármely kommunikációs csatornát is válasszák, nagy valószínűséggel el tudják érni vezetőjüket.

3. Következtetések

A modernizált világ, a számítógépek elterjedése abba az irányba mutat, hogy a személyközi kapcsolatok elsorvadhatnak, ezáltal a közvetlen intern kommunikáció is egyre kisebb jelentőséggel fog bírni egy szervezet életében [3]. Az elvégzett kutatás alapján azonban egyértelműen megállapítható, hogy a dolgozók nagymértékben a személyes kommunikációra alapoznak a munkahelyi információcserében is, ugyanakkor a szervezetek életében kitüntetett szerepet kell betöltenie a belső kommunikációnak, mivel az alkalmazottak is számos a szervezet életét, teljesítményét, működési hatékonyságát befolyásoló tényező alapvető eszközének tekintik a belső kommunikációt.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kabai, I. : A diplomás pályakövető rendszer kutatásainak módszertana. L'Harmattan, 2002. Budapest. ISBN 9789632363554

[2] Karoliny, M., Poór, J. szerk.: Emberi erőforrás menedzsment kézikönyv. Complex, Budapest, 2010. 978963295108 9

[3] Karoliny M. [et al.]: Emberi erőforrás menedzsment kézikönyv. KJK-SZÖV, Budapest, 2004. ISBN 963224724 8

[4] Nagypál, M.: A munka minőségét rontja a rossz kommunikáció [elektronikus dokumentum] http://www.hrportal.hu/hr/a-munka-minoseget-rontja-a-rossz-kommunikacio-20091014.html (Letöltés időpontja: 2014.09.10.20:13)

[5] Nyárádi G.: A belső kommunikáció szerepe közintézményekben. In: Múzeumi Közlemények. 2002 1/1 pp. 15-19. ISSN 1589-4959

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 119–122. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.22
http://hdl.handle.net/10598/28606

GYENGE MINŐSÉGŰ BESZÉD SZEGMENTÁLÁSA

SEGMENTATION OF LOW QUALITY SPEECH

Czap László[1], Pintér Judit Mária[2]

[1,2]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai kar, Villamosmérnöki Intézet, Automatizálási és Infokommunikációs Intézeti Tanszék, Cím: 3515, Magyarország, Miskolc- Egyetemváros, Telefon / Fax: +36-46-565-140, czap@uni-miskolc.hu, pinterjm@uni-miskolc.hu*

Abstract

We are working on computer based assessment of speech production that needs the segmentation. Comparison of the reference and actual utterance requires dynamic time warping. There are computer algorithms that work well for good quality of speech. Speech of hearing impaired people is usually unrhythmical. Their performance for deformed, sometimes drawling and jerky pronunciation is very weak. We are going to modify the algorithm for correct segmentation of low quality speech.

Keywords: *speech recognition, feature extraction, teaching hearing impaired children.*

Összefoglalás

A beszéd automatikus minősítésének számítógépes megoldásán dolgozunk, aminek kulcskérdése a helyes szegmentálás. A referencia és a vizsgált beszéd összehasonlításához dinamikus idővetemítésre van szükség, amire a számítógépes beszédfeldolgozásban kidolgozott eljárások állnak rendelkezésre. Ezek a módszerek jó minőségű beszédre készültek. A hallássérültek beszédére különösen jellemző az egyes hangok megszokottól eltérő idejű artikulációja. A torz hangokra, a rendkívül elnyújtott, akadozó beszédre gyenge eredményt szolgáltatnak. Célunk a szegmentálásra szolgáló módszerek továbbfejlesztése annak érdekében, hogy a szinte érthetetlen beszédre is használható szegmentálási eredményeket kapjunk.

Kulcsszavak: *beszédfelismerés, lényegkiemelés, hallássérült gyerekek oktatása.*

1. Bevezetés

Az „Alap- és alkalmazott kutatások hallássérültek internetes beszédfejlesztésére és az előrehaladás objektív mérésére” címet viselő projekt a Debreceni és a Miskolci Egyetem közös kutatása, amelynek a célja egy komplex rendszer létrehozása, mely a beszédfolyamat audiovizuális megjelenítését szolgáltatja, egyrészről a beszéd hangképeinek másrészről az artikulációnak a vizuális megjelenítésével (beszélő fej), egy oktatási keretrendszerbe foglalva [1]. Ezek mellett számos olyan funkciókat is tartalmaz majd a rendszer (prozódia megjelenítés, automatikus minősítés, tudásalapú rendszer implementálása), amelyek a későbbiekben lehetővé teszik az egyéni gyakorlást nem csak számítógépen, hanem mobil eszközön is. A felsorolt funkciók közül kiemelten fontos szerepet játszik az egyéni gyakorlásban az automatikus minősítés és visszajelzés a gyakorlást végző személy számára. Az aktuális kiejtést általában a

spektrum alapján hasonlítják össze a referencia bemondással. Ez az összehasonlítás nem egyezik azzal az ítélettel, amit a hallgató az érthetőségről megállapít. A szubjektív értékelést szurdopedagógusok bevonásával a torz beszédre elvégezve megalkotható a minőségi skála. A cél ennek a skálának és a visszajelzésnek a létrehozása, ami alapján az előrehaladás is nyomon követhetővé válik. A skála megalkotásához alapmintákat gyűjtöttünk be a célkorosztályban a beszédminőség felmérésére, ezt a második fejezet taglalja részletesebben. A helyes és az aktuális kiejtés összehasonlításához elengedhetetlen volt a különböző lényegkiemelési eljárások vizsgálata, a szegmentálási pontosságuk meghatározása és egy olyan dinamikus idővetemítési eljárás megalkotása, amely gyenge minőségű beszéd esetén is hasonló hatékonysággal működik, mint helyes kiejtésnél. Cikkünkben a megalkotott eljárás sajátosságait foglaljuk össze és az elvégzett előzetes összehasonlítással szemléltetjük annak hatékonyságát.

2. Szóadatbázis az automatikus minősítés megalkotásához

A már említett minősítési skála megalkotásához szükséges adatbázis mintáit eltérő beszédprodukciós fejlettségi fokú személyektől gyűjtöttük be és minősíttettük laikus hallgatókkal (akik ritkán találkoznak hallássérültekkel), valamint a szurdopedagógusokkal, a szépen beszélő ép hallóktól az alig érthetően beszélő hallássérültekig.

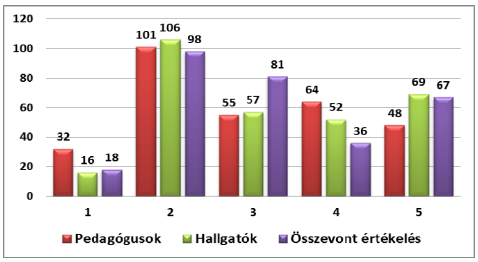
Az adatbázisban pontosan 2421 szó szerepel (egyes szavak többszörösen is előfordulnak, de a bemondók eltérőek, ezért azok érthetősége is), amit 13 pedagógus és 23 hallgató értékelt oly módon, hogy a szurdopedagógusok a saját oktatási intézményük diákjait nem értékelték. Az értékelés alapját a pedagógusok által meghatározott 5 fokozatú skála képezte. A skála értelmezése:

- Érthetetlen (1): az artikuláció teljesen torz; felismerhetetlenek a magán-és mássalhangzók; a szótagszám visszaadása sem megfelelő vagy nem kivehető; a levegővétel, a levegővel való gazdálkodás helytelen; rossz a tempó, a ritmus; dallamtalan, dinamikátlan vagy túl feszített a hangadás;
- Nehezen érthető (2): súlyos torzítások, hangelhagyások, hangcserék; csak a magánhangzók egy része kivehető; a légzés elégtelensége miatt létrejövő torzítások, pl. túl levegős vagy fojtott; eltérő, zavaró hangszín, ritmus, tempó jellemzi;
- Közepesen érthető (3): a magánhangzók ejtése helyes, a szótagszám megfelelő; súlyos beszédhibák előfordulhatnak pl. diszlália, orrhangzósság, fejhangzósság, stb. Prozódiai elégtelenségek;
- Jól érthető (4): csekély mértékű beszédhibák; enyhe prozódiai elégtelenségek;
- Hallók beszédével azonos szinten érthető (5): legfeljebb 1-2 hanghiba fordulhat elő.

A szegmentálási vizsgálatok elvégzéséhez ebből a 2421 szóból választottunk ki 300 szót. A kiválasztott szókészlet elég változatos nemcsak a szavak hosszúsága alapján, hanem a hangkapcsolatok előfordulásának szempontjából is.

Az 1. ábrán a szavak értékelés szerinti eloszlása látható: nemcsak az összevont, hanem külön a hallgatóké és a pedagógusoké. Azért is érdemes külön szemléltetni az értékelések eloszlását, mert a hallgatók az esetek 63 %-ban jobbra értékelték a bemondást a szurdopedagógusokkal szemben. Továbbá az is megfigyelhető, hogy az egyesre értékelt mintákból keveset tartalmaz az adatbázis. Ennek oka, hogy a 2421 szó értékelésében sem fordult elő több ilyen érthetetlen bemondás, ezt kompenzálva a

kettesre értékeltekből többet válogattunk be a tesztelésre szánt adatbázisba.



1. ábra *A szavak eloszlása értékelések alapján*

3. Dinamikus idővetemítés

Általánosságban elmondható, hogy ha ugyanazon mondat vagy szó két kiejtését össze akarjuk hasonlítani (pl.: a referencia bemondást az aktuális bemondással), akkor azokat hangszinten azonos időbeli hosszra kell skálázni, azaz egymáshoz vetemíteni. Helyesen beszélő emberek esetén is a beszéd tartalmaz nemlineáris megnyúlásokat és rövidüléseket, amik nem feltétlenül számítanak hibás ejtésnek. Ezek az előfordulások hallássérült személyek esetén pedig hatványozottan jelennek meg, ezért ebben az esetben nem érdemes lineáris időskálázást alkalmazni.

Egy korábban kifejlesztett vetemítési módszer, amely több nyelvre is alkalmazható, szigorúan csak a beszédhangok mentén illeszti össze a két mintát és csak azokon belül valósít meg lineáris skálázást. A nemlineáris vetemítő eljárás gépi automatikus szegmentáláson alapszik, amelynél általános akusztikai hangosztályokat használtak [2].

Egy másik vetemítési eljárás az optimális időillesztést, mint minimális hosszúságú, illetve súlyú út keresését tekinti egy adott gráfban.

– bármely x_i vektort csak egyszer ismételhetünk meg (tehát legfeljebb duplázhatunk, de már nem triplázhatunk);
– ha x_i-t elhagytuk, akkor a szomszédait (x_{i-1}-et és x_{i+1}-et) nem hagyhatjuk el, tehát két szomszédos szegmens már nem hagyható el;
– a szegmensek sorrendje nem cserélhető fel.

4. Az idővetemítés szabályainak módosítása a gyenge minőségű beszéd szegmentálására

Az ismert és az előzőekben példaként leírt szabályok alapján egy referencia szóhoz az idővetemítés nem bizonyult sikeresnek.

4.1 Az alkalmazott lényegkiemelés

Összefüggésben a következőkben tárgyalandó a referenciagenerálással olyan lényegkiemelési módot kellett választanunk, amely alkalmazkodik a mesterségesen generált referenciához. Neurális hálózatokat tanítottunk be, amelyek osztályozzák a hangokat és az osztályon belül kimeneti aktivitást generálnak az egyes hangokhoz. A neurális hálózatok által képezett osztályok

– szünet;
– magánhangzó (a, á, e, é, i, o, u, ü);
– fél magánhangzó (m, n, ny, r, l, j);
– réshang (f, sz, s, h, v, z, zs);
– zárhang. (p, t, ty, k, b, d, gy, g);

(Az osztályokhoz tartozó külön neurális hálózat kimeneteihez tartozó hangokat soroltuk fel.)

4.2 A referenciagenerálás

A dinamikus idővetemítésnél a keresett szót egy referencia bemondással vetjük össze és keressük egyes időkeretek megismétlésével illetve kihagyásával a referencia bemondáshoz leginkább hasonló ütemezést. A hallássérült gyerekek bemondásai közül a nehezen érthetők nem alkalmasak arra, hogy a referencia bemondáshoz valamilyen hasonlósági mérték szerint eléggé hasonlítsanak. Próbálkoztunk férfi, női, gyerek be-

mondáshoz és szintetizált hanghoz is vetemíteni a keresett szavakat, ezek azonban nem voltak sikeresek. Egy 300 bemondótól származó 4 és fél órás hangadatbázis alapján PLP lényegkiemelést alkalmazva euklideszi távolságot képeztünk a magyar beszédhangok átlagai között. A normalizált távolság megfordításával hasonlóságmértéket képeztünk az egyes hangok között. A referenciát úgy alakítjuk ki (ebben a feladatban nem a szó felismerése a cél, hanem a bemondás minősítése, ezért rendelkezésre áll a vizsgált szó fonetikus leírása). Az egyes hangok referencia időtartamát az adott beszédhang átlagos hosszára állítottuk be [3]. A neurális hálózatok kimenete optimális esetben 0 illetve 1. Mivel a hangok is gyakran rendkívül torzak és az osztályozás sem hibátlan a vetemítéshez a neurális hálózatok kimeneteit a hasonlósági mértékkel súlyozva a megfelelő osztály hangjaihoz is hozzárendeljük. Ily módon ha a hang torz vagy a neurális hálózat nem megfelelő kimenete mutatja a legnagyobb aktivitást, akkor is kapunk a megfelelő kimeneten 0-tól eltérő jelet. A referencia előállításánál az adott hanghoz tartozó időszegmensre 1-t állítunk be a megfelelő osztály kimenetén és az adott hanghoz tartozó kimeneten.

A dinamikus vetemítés 3. fejezetben ismertetett szabályaival a vetemítés jobb eredményt mutatott, mint azokban az esetekben, amikor referenciaként bemondott szavakat használtunk.

A hallássérült gyerekek bemondásában gyakran találkoztunk hangok között több tized másodperces szünetekkel és hosszan ejtett hangokkal.

Ezért:

- minden hang után beiktattunk a referencia előállítása során egy szünetet;
- a szünet akárhányszor ismétlődhet.

A korábban ismertetett szabályok szerint egy időintervallumot maximum kétszeresére lehet nyújtani. A hallássérült gyerekek bemondásában azonban ennél hosszabban ejtett hangokkal is gyakran találkoztunk. Ezért:

- egy időkeret kétszeri ismétlését is megengedjük, ezzel egy időintervallum háromszorosára nyújtható.

5. Következtetések

A cikkben leírt módosított vetemítési eljárás előzetes eredményei a korábbi megoldásoknál lényegesen jobb szegmentálási pontosságot mutatnak. A más eljárásokkal végzett vetemítési eredményekkel való kvantitatív összehasonlításon jelenleg is dolgozunk.

Köszönetnyilvánítás

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében, a TÁMOP-4.2.2. C-11/1/KONV-2012-0002 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Czap L., Pintér J.: *A beszédassziszten koncepció*, Multidiszciplináris Tudományok; A Miskolci Egyetem Közleménye 3; 2013; 241-250 oldal.

[2] Kiss G., Vicsi K.: *Akusztikai hangosztályok felismerésén alapuló, nemlineáris idővetemítés megvalósítása a mondathanglejtés és a szóhangsúlyozás oktatásához*; Beszédkutatás 21, 2013, 247-261. oldal.

[3] Németh G., Olaszy G.: *A magyar beszéd,* Akadémiai kiadó, Budapest, 2010

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 123–126. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.23
http://hdl.handle.net/10598/28608

BELSŐPONTOS ALGORITMUS LINEÁRIS OPTIMALIZÁLÁSRA A CENTRALIZÁLÁSI EGYENLET ÁTALAKÍTÁSÁVAL

INTERIOR-POINT ALGORITHM FOR LINEAR OPTIMIZATION BASED ON THE TRANSFORMATION OF THE CENTERING EQUATION

Darvay Zsolt[1], Takács Petra-Renáta[1]

[1]*Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Matematika és Informatika Kar, Magyar Matematika és Informatika Intézet, Cím: 400084, Románia, Kolozsvár, Kogălniceanu 1; Telefon: +40 264 405327, levelezési cím: darvay@cs.ubbcluj.ro*

Abstract

In this paper we introduce a new interior-point method which is suitable for solving linear optimization problems. We apply a new type of algebraic transformation on the nonlinear equation of the system which defines the central path, namely the centering equation. Using Newton's method we obtain the search directions. We define the algorithm from the point of view of the implementation and we analyse its efficiency through an application.

Keywords: *linear optimization, interior-point algorithm, search direction, Newton's method, polynomiality.*

Összefoglalás

Egy új belsőpontos módszert vezetünk be, amely lineáris optimalizálási feladatok megoldására alkalmas. A centrális utat jellemző rendszer nemlineáris egyenletére, az úgynevezett centralizálási egyenletre egy új típusú algebrai átalakítást alkalmazunk. Ezt követően a Newton-módszert felhasználva kapjuk meg a keresési irányokat. Az algoritmust az implementáció szemszögéből nézve határozzuk meg, és egy alkalmazáson keresztül vizsgáljuk ennek hatékonyságát.

Kulcsszavak: *lineáris optimalizálás, belsőpontos algoritmus, keresési irány, Newton-módszer, polinomialitás.*

1. Bevezetés

A műszaki és gazdasági problémák gyakran vezetnek különböző lineáris, illetve nemlineáris optimalizálási feladatokhoz. A lineáris optimalizálásra vonatkozó hagyományos megoldási módszer a szimplex módszer, amelyet Dantzig [1] vezetett be 1947-ben. Klee és Minty [4] 1972-ben igazolta, hogy a szimplex módszer a dimenzió függvényében exponenciálisan sok lépést tehet meg. Az első belsőpontos algoritmus, amely polinom időben szolgáltat megoldást a lineáris optimalizálási feladatok esetében, Karmarkar [3] nevéhez fűződik. A primál-duál belsőpontos algoritmusok általában a centrális utat követik, amely a Sonnevend [6] által bevezetett analitikus centrum fogalmához kapcsolódik. A lineáris optimalizálásra vonatkozó belső-

pontos algoritmusok elméletéről a Roos, Terlaky és Vial [5], Wright [7] és Ye [8] könyvekben találunk további információkat.

A belsőpontos algoritmusok sokszínűsége a különböző keresési irányok megválasztásában rejlik. Ebben a cikkben egy új lineáris optimalizálásra vonatkozó belsőpontos módszert vezetünk be. A centralizálási egyenletre egy új algebrai átalakítást alkalmazunk, majd a Newton-módszer segítségével határozzuk meg a keresési irányokat. Ezt követően az új algoritmusra különböző numerikus eredményeket mutatunk be.

2. A lineáris optimalizálási feladat

Tekintsük az alábbi primál feladatot:

$$\begin{aligned} &\min c^T x, \\ &Ax = b, \\ &x \geq 0. \end{aligned} \tag{P}$$

A feladat duálisa a következőképpen néz ki:

$$\begin{aligned} &\max b^T y, \\ &A^T y + s = c, \\ &s \geq 0, \end{aligned} \tag{D}$$

ahol $A \in \Re^{m \times n}$, $rang(A) = m$, $b \in \Re^m$ és $c \in \Re^n$. Feltételezzük, hogy a belső pont feltétel fennáll mindkét feladat esetén, tehát létezik (x^0, y^0, s^0) úgy, hogy

$$\begin{aligned} &Ax^0 = b, \quad x^0 > 0, \\ &A^T y^0 + s^0 = c, \quad s^0 > 0. \end{aligned} \tag{BPF}$$

A centrális út a következő rendszerrel jellemezhető:

$$\begin{aligned} &Ax = b, \quad x \geq 0, \\ &A^T y + s = c, \quad s \geq 0, \\ &xs = \mu e, \end{aligned} \tag{1}$$

ahol $\mu > 0$ és xs a komponensenkénti szorzata az x és s vektoroknak, tehát $xs = [x_1 s_1, x_2 s_2, ..., x_n s_n]^T$. Továbbá, e az alábbi n-dimenziós vektor: $e = [1, \cdots, 1]^T$. Feltételezve, hogy $s_i \neq 0$, bármely $1 \leq i \leq n$ indexre, az x és s vektorokra az $\frac{x}{s} = \left[\frac{x_1}{s_1}, \frac{x_2}{s_2}, \cdots, \frac{x_n}{s_n}\right]^T$ jelölést is alkalmazzuk. Ha a belső pont feltétel fennáll, akkor egy rögzített $\mu > 0$ esetén a (1) rendszernek egyértelmű megoldása van, melyet μ-*centrumnak* nevezünk (Sonnevend [6]). Ha $\mu \to 0$, akkor a centrális út a feladat optimális megoldásához konvergál.

3. Új keresési irányok

Az elmozdulásvektorok meghatározására a [2] cikkben bevezetett módszert használjuk. Ehhez tekintsük az $\Re^+ = \{x \in \Re | x \geq 0\}$ felett értelmezett $\varphi : \Re^+ \to \Re^+$ folytonosan differenciálható és invertálható függvényt. Tetszőleges x vektorra a $\varphi(x) = [\varphi(x_1), \varphi(x_2), ..., \varphi(x_n)]^T$ jelölést alkalmazzuk. Ekkor az (1) rendszer a következőképpen írható át:

$$\begin{aligned} &Ax = b, \quad x \geq 0, \\ &A^T y + s = c, \quad s \geq 0, \\ &\varphi\left(\frac{xs}{\mu}\right) = \varphi(e). \end{aligned} \tag{2}$$

Az (1) rendszer harmadik egyenletét centralizálási egyenletnek nevezzük. A (2) rendszer utolsó egyenletének módosítása egy módszert szolgáltat a keresési irányok meghatározására. A továbbiakban egy más jellegű algebrai átalakítást végzünk a centralizálási egyenleten. Legyen $v = \sqrt{\frac{xs}{\mu}}$.

Ekkor az (1) rendszer harmadik egyenlete a $v^2 = e$ alakban írható. Felhasználva azt, hogy $v > 0$ a következőt kapjuk:

$$v^2 = e \Leftrightarrow v = e \Leftrightarrow v^2 = v \Leftrightarrow v^4 = v^2. \tag{3}$$

A (2) rendszer a következőképpen írható:

$$\begin{aligned} &Ax = b, \quad x \geq 0, \\ &A^T y + s = c, \quad s \geq 0, \end{aligned} \tag{4}$$

$$\varphi(v^4) = \varphi(v^2).$$

A továbbiakban a $\varphi(t) = t$ esettel foglalkozunk. Ekkor a Newton-módszert alkalmazva a (4) rendszerre a következőt kapjuk:

$$\begin{aligned} A\Delta x &= 0, \\ A^T \Delta y + \Delta s &= 0, \\ s\Delta x + x\Delta s &= \mu \frac{v^2 - v^4}{2v^2 - e}. \end{aligned} \tag{5}$$

Bevezetve a $d_x = \frac{v\Delta x}{x}$ és $d_s = \frac{v\Delta s}{s}$ jelöléseket a $\mu v(d_x + d_s) = s\Delta x + x\Delta s$ összefüggéshez jutunk. Ezek alapján az (5) rendszer a következőképpen írható át:

$$\begin{aligned} \overline{A} d_x &= 0, \\ \overline{A}^T \Delta y + d_s &= 0, \\ d_x + d_s &= p_v, \end{aligned} \tag{6}$$

ahol $p_v = \frac{v - v^3}{2v^2 - e}$ és $\overline{A} = \frac{1}{\mu} A diag\left(\frac{x}{v}\right)$.

Tetszőleges ξ vektor esetén $diag(\xi)$ azt a diagonálmátrixot jelöli, melynek főátlóján a vektor elemei találhatóak, az eredeti sorrendben.

A centrális úttól való távolság mérésére a $\delta(x, s; \mu) = \frac{\|p_v\|}{2} = \frac{1}{2}\left\|\frac{v - v^3}{2v^2 - e}\right\|$ jelölést használjuk, ahol $\|\cdot\|$ az euklideszi normát jelöli. Az algoritmus a következőképpen határozható meg.

1. algoritmus. *Legyen $\varepsilon > 0$ a pontossági paraméter és $0 < \theta < 1$ a redukciós paraméter. Továbbá, legyen $0 < \rho < 1$. Feltételezzük, hogy a belső pont feltétel fennáll az (x^0, y^0, s^0) kezdeti pontokra,*

$$\mu^0 = \frac{(x^0)^T s^0}{n} \text{ és } v^0 = \sqrt{\frac{x^0 s^0}{\mu^0}} > \frac{e}{\sqrt{2}}.$$

begin

$x = x^0;\ y = y^0;\ s = s^0;\ \mu = \mu^0;$

while $x^T s > \varepsilon$ ***do begin***

$\mu = (1 - \theta)\mu;$

$\mu = \min\{\min\{x_i s_i : 1 \le i \le n\}, \mu\};$

meghatározzuk a $(\Delta x, \Delta y, \Delta s)$*-t*

$\alpha_P = \min\left\{-\frac{x_i}{\Delta x_i} : \Delta x_i < 0, 1 \le i \le n\right\};$

$\alpha_P = \min\{\alpha_P, 1\};$

$\alpha_D = \min\left\{-\frac{s_i}{\Delta s_i} : \Delta s_i < 0, 1 \le i \le n\right\};$

$\alpha_D = \min\{\alpha_D, 1\};$

$x = x + \rho\alpha_P \Delta x;$

$y = y + \rho\alpha_D \Delta y;$

$s = s + \rho\alpha_D \Delta s;$

end

end.

Megjegyezzük, hogy a fenti algoritmusban a μ paraméter megválasztása eltér a szokásos rövid lépéses módszerektől. Ezt a módosítást az indokolja, hogy a $v > \frac{e}{\sqrt{2}}$ feltételnek teljesülnie kell a teljes algoritmus során.

4. Numerikus eredmények

A bevezetett algoritmus hatékonyságát egy, a C++ programozási nyelvben írt, alkalmazással teszteltük.

1. táblázat. *MPS formátumban megadott feladatok méretei*

Feladat	Sorok száma	Oszlopok száma
afiro.mps	27	32
sc50a.mps	50	48
sc105.mps	105	103
sc205.mps	205	203

A Netlib könyvtár szabványos MPS formátumban megadott feladataira futtattuk a programot [9]. A következő kezdeti

értékekkel dolgoztunk: $\theta = 0.1$, $\rho = 0.95$, $\varepsilon = 0.0001$, $\mu^0 = 1$ és $x^0 = y^0 = s^0 = e$. A feladatokra vonatkozó méreteket az 1. táblázat tartalmazza.

A 2. táblázatban az egyes feladatok belsőpontos iterációinak a számát mutatjuk be. Mindkét esetben az 1. algoritmussal dolgoztunk, az első oszlop az eredeti, a második pedig a módosított keresési iránnyal meghatározott algoritmusra vonatkozik. Az általunk javasolt módosított irányokat az (5) rendszer alapján adjuk meg. Az eredeti irányok esetén az (5) rendszer harmadik egyenlete az alábbi módon írható: $s\Delta x + x\Delta s = \mu e - xs$.

2. táblázat. *Eredmények*

Feladat	Iterációszám (eredeti)	Iterációszám (módosított)
afiro.mps	20	33
sc50a.mps	36	35
sc105.mps	66	44
sc205.mps	130	56

A táblázat alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a feladattól függően, vannak olyan esetek, amikor a módosított algoritmus jobb eredményeket szolgáltat, mint az eredeti.

5. Következtetések

Ebben a cikkben egy új lineáris optimalizálásra vonatkozó belsőpontos algoritmust vezettünk be. A centralizálási egyenleten egy új ekvivalens átalakítást végeztünk el, ezáltal új keresési irányokat határoztunk meg. Az algoritmust egy C++ programozási nyelvben írt alkalmazással vizsgáltuk különböző MPS formátumban megadott feladatokra. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az új algoritmus bizonyos esetekben hatékonyabban működik, mint az eredeti keresési irányokra épülő módszer. Az iterációk számára vonatkozó alaposabb elemzés a feladat jellegétől, a bemeneti paraméterektől, illetve a kezdeti pontoktól függően, egy jövőbeli kutatás tárgyát képezheti.

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Collegium Talentum és az Erdélyi Múzeum-Egyesület támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki a kutatási munkához nyújtott támogatásért.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Dantzig, G.B.: *Linear Programming and Extension*, Princeton University Press, Princeton, 1963.

[2] Darvay, Zs.: New interior point algorithms in linear programming, *Advanced Modeling and Optimization*, 2003, 5(1):51-92.

[3] Karmarkar, N.K.: A new polynomial-time algorithm for linear programming, *Combinatorica*, 1984, 4:373-395.

[4] Klee V., Minty G.: *How Good is the Simplex Algorithm?*, In O. Sisha (ed.), *Inequalities*, III, Academic Press, New York, 1972.

[5] Roos, C., Terlaky, T., Vial, J.-P.: *Interior Point Methods for Linear Optimization*, Springer, 2006.

[6] Sonnevend, Gy.: *An "analytic center" for polyhedrons and new classes of global algorithms for linear (smooth, convex) programming.* In A. Prékopa and J. Szelezsán and B. Strazicky (eds.), *System Modeling and Optimization: Proceedings of the 12th IFIP-Conference held in Budapest, Lecture Notes in Control and Information Sciences*, Springer Verlag, Berlin, 1986, 84:866-876.

[7] Wright, S.J.: *Primal-Dual Interior-Point Methods*, SIAM, 1997.

[8] Ye, Y.: *Interior Point Algorithms, Theory and Analysis*, John Wiley & Sons, 1997.

[9] http://www.netlib.org/lp/data/, Netlib test collection.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 127–130. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.24
http://hdl.handle.net/10598/28609

SZUBSZONIKUS SZÉLCSATORNÁBAN KIALAKULÓ SEBESSÉGELOSZLÁS MÉRÉSE LDA TECHNIKA ALKALMAZÁSÁVAL

A MEASUREMENT OF THE VELOCITY DISTRIBUTION IN A SUBSONIC WIND TUNNEL APPLYING LDA TECHNIQUE

Dorogi Dániel[1], Bencs Péter[2]

[1]*Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék, Cím: H-3515, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros; dorogiddaniel@gmail.com*

[1]*Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék, H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Telefon: +36 46 565 154, arambp@uni-miskolc.hu*

Abstract

There are several occasions when the properties of the flow are wanted to be investigated around the cross section of the wind tunnel. The first method which can be applied is PIV (Particle Image Velocimetry) which investigates the parameters of the flow in a discrete time. On the other hand the second type of the most popular techniques is LDA (Laser Doppler Anemometry) which can be used when the flow is wanted to be measured with respect to time. We used LDA method in a subsonic wind tunnel in order to investigate the velocity distribution in case of four different main velocities which can be modified by an axial fan. From the results conclusions will be drawn which will be used in further measurements.

Keywords: *wind tunnel, LDA, velocity distribution, empirical density function*

Összefoglalás

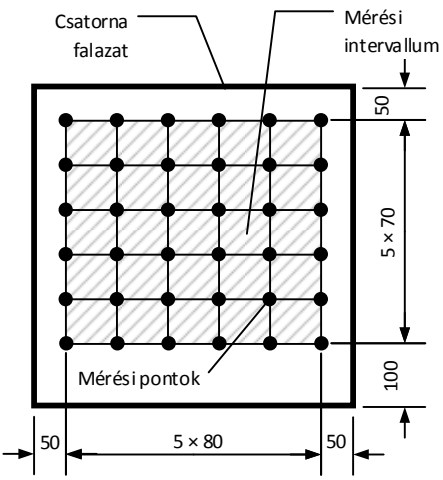
A műszaki gyakorlatban számtalanszor találkozhatunk olyan esettel, amikor egy áramlási folyamat jellemzőit az áramlás teljes keresztmetszetében szükséges vizsgálni. Erre a szakirodalom több lehetőséget is biztosít. Vannak olyan módszerek, amelyek segítségével a folyamatot egy adott időpillanatban tudjuk jellemezni (PIV), illetve olyan eljárások is, amelyek az áramlás paramétereinek időtől való függését kutatják. Erre kiváló példa az LDA (Laser Doppler Anemometry), amely a folyadékkal együtt mozgó részecskék mozgási jellemzőit beavatkozás mentesen követi le. Vizsgálataink során e mérési technikát alkalmaztuk a tanszéken lévő szubszonikus (zárt, hangsebesség alatti) szélcsatorna egy meghatározott keresztmetszetében kialakuló sebességeloszlás meghatározására négy különböző áramlási sebesség esetén, amelyet egy axiális ventilátorral változtattunk. A kapott eredményekből következtetéseket vontunk le, amelyeket a későbbi méréseink során fogunk felhasználni.

Kulcsszavak: *szélcsatorna, LDA, sebességeloszlás, empirikus sűrűségfüggvény*

1. Bevezetés

Az LDA technika egy olyan beavatkozás mentes mérést megvalósító lézeres eljárásmód, amely tulajdonképpen az áramlásba juttatott olajköd részecskék által okozott fényszórásból számítja vissza a közeg adott pontbeli áramlási sebességét. [1]

Ezt a technikát mi egy szubszonikus (zárt, hangsebesség alatti) szélcsatornában alkalmaztuk, amelyben a levegő munkaközeg mozgatását egy axiális ventilátor végezte. A csatornában egy zsalurendszer is helyet foglalt, amelynek szerepe a sebesség szélesebb határok között való szabályozása. Elsődleges feladatunk az volt, hogy a szélcsatorna mérőterének egy általunk kiválasztott keresztmetszetében kimérjük a sebességprofilt négy különböző motorfrekvencia (a ventilátort hajtó motoré) mellett, nyitott és zárt zsaluk esetén egyaránt. Ebből meg tudjuk határozni, hogy átlagosan mekkora sebesség alakul ki az adott keresztmetszetben, illetve választ kapjunk a sebességeloszlás egyenletességére. A mérési felületet és a mérési pontok helyzetét (fekete pontok) az **1. ábra** szemlélteti:



1. ábra. *A mérési felület geometriai kialakítása*

A méréseket úgy végeztük, hogy a berendezés a sebességértékeket két csatornán gyűjtötte, mintavételezett pontonként összesen 10000-10000 adatot.

2. A mérési eredmények és kiértékelésük

Az első kísérletek során kiderült, hogy a csatornában a domináns sebességi irány az U komponens (a csatorna keresztmetszetére merőleges irány), amelyhez képest a V komponens elhanyagolhatóan kicsiny. Így a kiértékelés során csak az U sebességkomponenst vettük figyelembe. Az eloszlás meghatározásához először meg kellett vizsgálni a kapott adathalmazokat abból a szempontból, hogy mennyi hibás értéket tartalmaznak, majd ezeket kiszűrni, ugyanis ellenkező esetben a valóságos sebességeloszlást torzíthatják. Ezt úgy tehetjük meg, hogy elkészítjük a mérési sorozat sűrűségfüggvényét és megvizsgáljuk, hogy milyen intervallumon belül fordul elő a mért értékeknek legalább 95%-a. Számításokkal alátámasztható, hogy nem minden mérési sorozat képvisel Gauss-eloszlást, ebből következően nem lehet erre alapozva számításokat végezni. A szakirodalom [2] ebben az esetben az empirikus sűrűségfüggvény előállítását javasolja.

Az eljárás első lépése, hogy egy-egy mérési adatsort felosztjuk $k<n$ számú, Δu szélességű csoportokra, amelyeket a középpontjukhoz tartozó x_f mérési adattal jellemzünk, ahol n jelöli a mérési sorozat elemszámát. Megvizsgálva, hogy az egyes csoportokba hány elem esik, majd ezt ábrázolva az intervallumszélesség függvényében, a relatív gyakorisági hisztogramot kapjuk. Ebből az empirikus sűrűségfüggvény úgy készíthető el, ha a relatív gyakorisági hisztogram ordinátáját elosztjuk az adathalmaz elemszámával. Így tulajdonképpen a görbe alatti terület megegyezik annak a valószínűségével, hogy a mérési adatok a vizsgált intervallumba esnek-e. Az intervallum határait általában a szórás egész számú többszöröseként szokták megadni, ehhez viszont e mennyiséget definiálni szükséges:

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{k} \left(u_{ri} - \overline{u_r}\right)^2 \cdot n_{ri}}\,, \qquad (1)$$

ahol u_i a mérési sorozat i-edik eleme, $\overline{u_r}$ a csoportosított adathalmaz átlaga, n_{ri} pedig az i-edik csoportba tartozó adatok száma.

Kérdésként merült fel, hogy hány csoportra érdemes felosztani a teljes intervallumot. Ehhez készítettünk egy olyan számítást, amely azt mutatja be, hogy hogyan változik s_r^2/E_r^2 értéke a csoportszám növelése esetén, ahol E_r a csoportosított mérési sorozat átlagos abszolút eltérése. E mennyiséget az alábbi összefüggés segítségével definiálhatjuk:

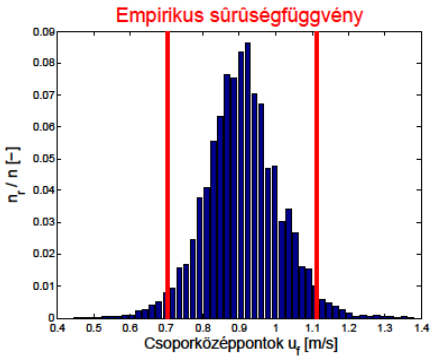
$$E_r = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{k} |\, \mathrm{u}_{ri} - \overline{u_r} \,| \cdot n_{ri}\,. \qquad (2)$$

A **2. ábra** e számítás eredményét szemlélteti egy példaként vett mérési sorozat esetében.

2. ábra *A csoportszám növelés hatása a mérési sorozatra*

A **2. ábrán** jól követhető, hogy az intervallumszélesség csökkentésének kis csoportszámok esetén igen nagy befolyása van, míg, ha Δu értékét egy bizonyos érték alá visszük, akkor egyre kisebb befolyást tapasztalhatunk. Ebből következően a további számítások során a csoportok számát célszerű 30 fölé emelni, így ezt az értéket – a biztonság irányába haladva - a továbbiakban 50-re választottuk.

Ötven egyenlő részre osztott mérési intervallum esetén a példaként vizsgált adathalmaz empirikus sűrűségfüggvénye a **3. ábrán** látható.



3. ábra *A mérési sorozat empirikus sűrűségfüggvénye 50 részre osztott intervallum esetén*

Amennyiben azt szeretnénk megtudni, hogy a mérési adatok mekkora valószínűséggel tartózkodnak a várható érték körüli (x_1; x_k) intervallumban, akkor azt az alábbi összefüggés felhasználásával számíthatjuk ki [3]:

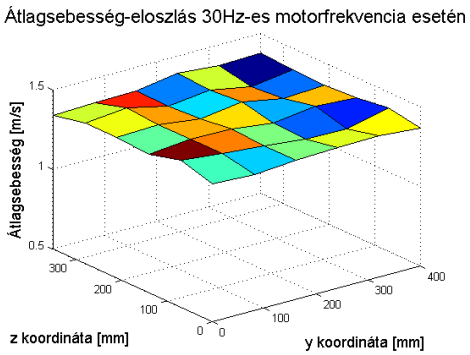
$$P(\mathrm{x}_1; \mathrm{x}_k) = \sum_{i=1}^{k} f(\mathrm{x}_{ri}) \cdot \Delta x_i\,. \qquad (3)$$

A (3) összefüggést példánkban felhasználva, annak valószínűsége, hogy a mérési adatok az $\overline{x} \pm 2 \cdot s$ intervallumba esnek az empirikus sűrűségfüggvény alapján:

$$P(\overline{x} - 2s; \overline{x} + 2s) \cong 94{,}5990\%\,. \qquad (4)$$

Mivel a mérési adatok nagyjából 95%-os valószínűséggel esnek az imént vizsgált intervallumba, így mondhatjuk azt, hogy az ezen kívül eső adatok hibásak. Ezeket kiszűrjük és az új adathalmazokra kiszámítjuk a sebességek átlagos értékeit. A **4. ábrán** a

30 Hz-es motorfrekvencia esetén, nyitott zsaluk mellett mért, és a fentiek szerint feldolgozott sebességeloszlás látható.

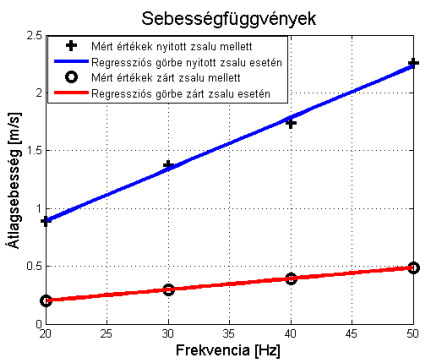


4. ábra *Átlagsebesség-eloszlás 30 Hz-es motorfrekvencia esetén*

A kapott eloszlásokból integrál-középérték segítségével kiszámítjuk állandó motorfrekvencia esetén egy felületre vett átlagsebességet az (5) kifejezés szerint.

$$U_{átli}(f_i) = \frac{1}{a \cdot b} \cdot \int_{z=z_{min}}^{z_{max}} \int_{y=y_{min}}^{y_{max}} u(y,z)\,dydz \qquad (5)$$

ahol $a=y_{max}-y_{min}$ *és* $b=z_{max}-z_{min}$.



5. ábra *Sebesség-frekvencia görbék*

Amennyiben ezt minden vizsgált frekvencia esetén elvégezzük és ábrázoljuk a frekvencia függvényében, akkor az **5. ábra** szerinti pontokat kapjuk zárt és nyitott zsaluk esetén.

3. Következtetések

A szélcsatornát a továbbiakban egy prizmatikusnak tekinthető körhenger körüli áramlás vizsgálatakor kívánjuk alkalmazni. A mérések során vizsgálataink alapján a motorfrekvencia és az áramlási átlagsebesség között a (6,7) összefüggések segítségével teremthetünk kapcsolatot. A vizsgálatokból származó sebesség-frekvencia görbére ugyanis az 5. ábrából látható módon egy-egy regressziós egyenes fektethető, amelyeknek egyenletei:

$$U_{átl}\big|_{nyitott}(f) = 0,0445 \cdot f + 0,0023\,, \qquad (6)$$

$$U_{átl}\big|_{nyitott}(f) = 0,0096 \cdot f + 0,0070\,. \qquad (7)$$

A (6,7) kifejezések segítségével könnyen kiszámítható az a frekvencia érték, amelyet be kell állítani ahhoz, hogy a kívánt áramlási sebességet előállítsuk.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Dr. Paripás Béla, Dr. Szabó Szilárd, Kocsisné Dr. Baán Mária, Dr. Tolvaj Béláné, Bencs Péter: *Lézeres mérési- és megmunkálási eljárások a gépészetben*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2009, 147-153. oldal.

[2] Váradiné dr. Szarka A., Dr. Hegedűs J., Bátorfi R., Unhauzer A.: *Méréstechnika*, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2007, 11-60. oldal.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 131–134. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.25
http://hdl.handle.net/10598/28610

MŰSZAKI MŰANYAG FORGÁCSOLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

INVESTIGATION OF MACHINABILITY ON TECHNICAL PLASTIC

Drégelyi-Kiss Ágota[1], Horváth Richárd[2], Nagy Nándor[3]

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Tanszék, Cím: H-1081 Budapest, Népszínház utca, 8.; [1]dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu; [2]horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu; [3]nagynandor92@gmail.com

Abstract

The application of engineering plastics has been increasing gradually. The finishing procession of these materials can be done by cutting. The main theme of the paper is to test a certain plastic, (polyoxymethylene, POM) under turning circumstances. The testing of the machinability of the material was done through design of experiments (DOE). The tests were made by dry and coolant medium as well. As for the output parameters, roughness parameters were measured since it is often used in the industry. The paper compares and qualifies the cutting of the material done with dry and coolant medium.

***Keywords**: POM plastic, surface roughness, turning, design of experiments.*

Összefoglalás

A műszaki műanyagok felhasználása az utóbbi években, évtizedekben fokozottan növekszik. Ezeknek az anyagoknak a befejező megmunkálása történhet forgácsolással. A dolgozat fő témája egy adott műszaki műanyag, a polioximetilén forgácsolhatóságának vizsgálata esztergálás körülményei között. Az anyag forgácsolhatóságának vizsgálata kísérletterv segítségével történt. A vizsgálatok szárazon és hűtő-kenő közeggel is el lettek végezve. Kimenő paraméterként az iparban is gyakran használt érdességi paraméterek voltak mérve. A dolgozat összehasonlítja, majd minősíti a száraz és hűtőkenő folyadékkal történő forgácsolást ennél az anyagnál.

***Kulcsszavak:** POM műanyag, felületi érdesség, esztergálás, kísérletterv.*

1. Bevezetés

A különböző forgácsolással készremunkált alkatrészek egyik fő kritériuma a gyártott felületi érdesség. Ennek vizsgálata általában kísérlettervvel történik. Das és társai [1] AISI 4140 edzett acél keményesztergálását vizsgálták PVD-TiN bevonatú Al_2O_3 + TiCN anyagú kerámia szerszámmal. Vizsgálataikban úgynevezett L_{27}-es Taguchi tervet alkalmaztak. Olyan modellt hoztak létre a felületi érdesség becslésére, melyben bemenő adatként a forgácsolási paraméterek szerepelnek. Zebala és Kowalczyk [2] WC–Co (3 féle kobalt tartalmú: 10, 15, 25 tf%) keményfém forgácsolhatóságát vizsgálták gyémánt (PCD) szerszámmal. Vizsgálataikat L_9-es Taguchi terv alapján végezték. Kétféle empirikus

modellt alkottak a felületi érdesség becslésére.
Poliamid (PA-6) műanyag esztergálását végezték el Lazarevic és társai [3], kétféle csúcsugarú H10 keményfém szerszámmal. Eredményeikben kimutatták, hogy a felületi érdességre az előtolásnak volt nagy hatása, a különböző lapka sugaraknak alig, míg a forgácsoló sebesség hatása elhanyagolható.
Különböző aluminium ötvözetek forgácsolhatóságát vizsgálták kísérlettervel Horváth és társai [4,5,6]. Munkájukban olyan fenomenológiai modellt alkottak, ahol a forgácsolási paramétereken kívül a szerszámanyag és a munkadarab anyag minőségi változóként szerepelt, mint bemenő paraméter. Ezen felül optimum pontot határoztak meg kívánatossági függvények és numerikus módszer alapján.
A szerzők ebben a cikkben egy műszaki műanyag (POM) forgácsolhatóságát vizsgálják válasz felületek (RSM) módszerével.

2. Anyagok és módszerek

2.1. Felhasznált eszközök

2.1.1. Felhasznált munkadarab

A kísérlet során felhasznált műszaki műanyag a Polioximetilén (POM) volt, melynek forgácsolhatóságát esztergálás körülményei között vizsgáltuk. Kedvező tulajdonságai, a jó kopásállósága, széles alkalmazási hőmérséklettartománya, igen jó visszaállási, regenerációs tulajdonságai, jó ütőmunkája és csekély vízfelvétele. A POM fő alkalmazási területe a gép- és járműipar. Ám ezek mellett megtalálható a villamos iparban, gyakran háztartási gépek alkatrészeként, élelmiszeripari és gyógyászati célokra is megfelelő [7].

2.1.2. Felhasznált szerszámok, gépek

A műszaki műanyagok befejező megmunkálása gyakran történik forgácsolással, de nincs külön erre az anyagcsoportra kialakított szerszámcsoport. A forgácsolási műveletekhez szerszámacél, gyorsacél, keményfém, és gyémánt szerszámok alkalmazhatóak éles kivitelben. A kísérlethez alumínium megmunkálására ajánlott K10-es keményfém anyagú, R geometriájú 3 mm-es sugarú körlapkát használtunk. Az alkalmazott szerszámgép Mazak QuickTurn 10MS CNC esztergagép volt. Az érdességméréshez egy Mitutoyo Surftest SJ301 felületi érdesség mérő berendezést használtunk. Minden különböző beállítással megmunkált felületen 6-szor mértünk érdességet, és összesen 192 mérést végeztünk el. Ebben a cikkben az iparban leginkább használt *Ra* és *Rz* paramétereket értékeltük ki.

2.2. Alkalmazott módszer

A forgácsolási kísérlet végrehajtásához alkalmazott kísérletterv egy ún. centrál composit terv (CCD), amely az RSM módszerekhez tartozik [5]. A terv során 3 faktort 5 szinten változtatva kaptuk meg a különböző kísérleti beállításokat, melyeken mértük a felületi érdességi paramétereket majd kerestük a válaszfüggvényt. A 3 faktor a forgácsoló sebesség v_c, m/min; az előtolás f, mm; és a fogásmélység a, mm. Ezek értékeit a szakirodalmi ajánlások [7], és az ipari körülmények figyelembe vételével az alábbi határértékek között változtattuk:

- v_c=100-700 m/min;
- f=0,05-0,4 mm;
- a=0,5-2 mm.

1. táblázat. *A 16 pontból álló CCD kísérletterv szintjei*

Mérési pontok	v_c	f	a
1	-1.00000	-1.00000	-1.00000
2	-1.00000	-1.00000	1.00000
3	-1.00000	1.00000	-1.00000
4	-1.00000	1.00000	1.00000
5	1.00000	-1.00000	-1.00000
6	1.00000	-1.00000	1.00000
7	1.00000	1.00000	-1.00000
8	1.00000	1.00000	1.00000
9	-1.28719	0.00000	0.00000
10	1.28719	0.00000	0.00000

Mérési pontok	v_c	f	a
11	0.00000	-1.28719	0.00000
12	0.00000	1.28719	0.00000
13	0.00000	0.00000	-1.28719
14	0.00000	0.00000	1.28719
15 (C)	0.00000	0.00000	0.00000
16 (C)	0.00000	0.00000	0.00000

A válaszfüggvényeket az alábbi fenomenológiai modell felépítésével határoztuk meg:

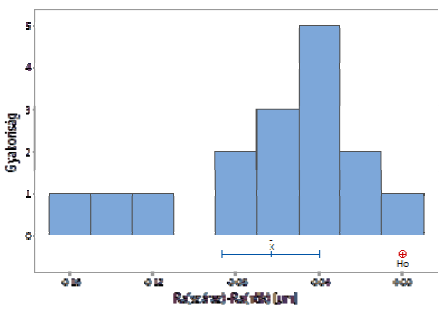
$$R = b_0 + b_1 \cdot v_c + b_2 \cdot f + b_3 \cdot a + b_{11} \cdot v_c^2 + b_{22} \cdot f^2 + b_{33} \cdot a^2 + b_{12} \cdot v_c \cdot f + b_{13} \cdot v_c \cdot a + b_{23} \cdot f \cdot a + \varepsilon \quad (1)$$

ahol, b_0, b_i, b_{ii} a számított koefficienseket valamint ε a hibát jelöli.

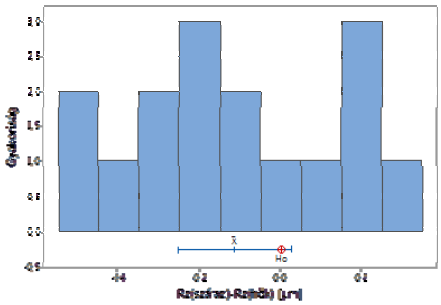
3. Eredmények

3.1. Száraz és hűtőfolyadékos esztergálás összehasonlítása

A CCD kísérlettervet kétszer hajtottuk végre, száraz körülmények között és hűtőfolyadék alkalmazása mellett. Az érdességmérések alapján megállapítható volt, hogy a hűtőfolyadék alkalmazása negatívan befolyásolja a felületi érdességet. A két eljárás közti különbségeket páros t-próbával vizsgáltuk. A próbák eredményeit az 1. és a **2. ábra** szemlélteti.



1. ábra. *Hisztogram a száraz és hűtőfolyadékos megmunkálások Ra érdességeinek különbségéről*



2. ábra. *Hisztogram a száraz és hűtőfolyadékos megmunkálások Rz érdességeinek különbségéről*

Jól látható, hogy *Ra* érdességek esetén mind a 16 beállításnál kedvezőbb felületi érdesség érhető el száraz megmunkálással, míg *Rz* érdességi paraméterek esetében ez csak általánosságban mondható el. A továbbiakban emiatt szárazon megmunkált felületek érdességeivel foglalkozunk, valamint az ezek becslésére szolgáló empirikus modellekkel.

3.2. Mért felületi érdességek száraz forgácsolás körülményei között

A munkadarab felületén történt hat érdességi mérés átlagait ismerteti a **2. táblázat**.

2. táblázat. *A 16 különböző beállítással gyártott felületek érdességei*

	Ra, µm	*Rz*, µm
1.	0,325	1,872
2.	0,328	1,962
3.	0,855	4,360
4.	0,835	4,212
5.	0,328	1,855
6.	0,320	1,920
7.	0,955	4,695
8.	0,893	4,593

	Ra, µm	*Rz*, µm
9.	0,587	3,327
10.	0,620	3,403
11.	0,185	1,277
12.	1,228	5,945
13.	0,648	3,588
14.	0,623	3,490
15.	0,673	3,642
16.	0,692	3,690

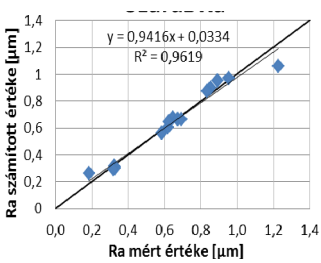
3.3. Empirikus modellek

Az (1) egyenlet koefficienseit külön meg kellett határozni *Ra* és *Rz* felületi érdességi paraméterekre. Ezt követően az alábbi modelleket kaptuk:

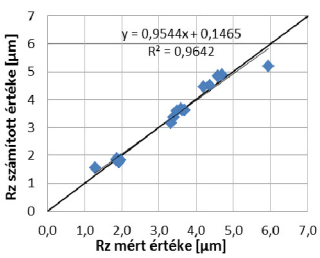
$$R_{a_száraz} = 5{,}927 \cdot 10^{-2} + 6{,}271 \cdot 10^{-4} \cdot v_c + 2{,}022 \cdot f - 1{,}803 \cdot 10^{-2} \cdot a - 8{,}270 \cdot 10^{-7} \cdot v_c^2 + 6{,}443 \cdot 10^{-4} \cdot v_c \cdot f \quad (2)$$

$$R_{z_száraz} = 0{,}455 + 2{,}827 \cdot 10^{-3} \cdot v_c + 12{,}67 \cdot f - 5{,}444 \cdot 10^{-2} \cdot a - 4{,}122 \cdot 10^{-6} \cdot v_c^2 - 8{,}128 \cdot f^2 + 3{,}599 \cdot 10^{-3} \cdot v_c \cdot f \quad (3)$$

Az olyan tagok melynek nincs szignifikáns hatása a felületi érdességre nem kerültek bele az egyenletbe. A **3. és 4. ábrá**n az *x* tengelyen a mért érdességeket, az *y* tengelyen a (2) ill. a (3) egyenletekkel számított érdességeket ábrázoltuk. Ebből jól látható, hogy a trendvonal megközelíti az *y=x* egyenletű egyenest, ami a számított és valós érdességek teljes egyezését mutatná. Láthatjuk, hogy a modellek igen jó közelítéssel adják vissza a valós felületi érdességet.



3. ábra. *A valós és a modell alapján számított Ra érdességek kapcsolata (száraz forgácsolás)*



4. ábra. *A valós és a modell alapján számított Rz érdességek kapcsolata (száraz forgácsolás)*

4. Konklúzió

A dolgozat egy műszaki műanyag forgácsolhatóságának vizsgálatát mutatja be RSM módszerrel. Vizsgálataink megmutatták, hogy a száraz forgácsolás alacsonyabb felületi érdességet produkál a hűtő-kenő folyadékos körülményekkel szemben.

Az iparban gyakran használt *Ra* és *Rz* érdességi paraméterekre forgácsolási paraméter függő empirikus modelleket építettünk mellyel a felületi érdesség értékei jól becsülhetőek a technológiai tervezés során.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Das, S.R., Dhupal, D., Kumar, A.: *Experimental investigation into machinability of hardened aisi 4140 steel using tin coated ceramic tool*, Measurement, 62 (2015) 108–126

[2] Zebala, W., Kowalczyk, R.: *Estimating the effect of cutting data on surface roughness and cutting force during wc-co turning with pcd tool using taguchi design and anova analysis*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2014) 1–16

[3] Lazarevic, D., Madic, M., Jankovic, P., Lazarevic, A.: *Surface roughness minimization of polyamide PA-6 turning by Taguchi method*, Journal of Production Engineering. 15 (1) (2012) 29–32.

[4] Horváth, R., Drégelyi-Kiss, Á.: *Analysis of surface roughness of aluminium alloys fine turned: united phenomenological models and multi-performance optimization*, Measurement, 65 (2015) 181-192

[5] Horváth, R., Drégelyi-Kiss, Á., Mátyási, Gy.: *Application of RSM method for the examination of diamond tools*, Acta Polytechnica Hungarica, 11 (2) (2014) 137–147

[6] Horváth, R., Mátyási, Gy., Drégelyi-Kiss, Á.: *Optimization of machining parameters for fine turning operations based on the response surface method*, ANZIAM Journal, 55 (2014) 250–265

[7] Kalácska, G.: *Műszaki Műanyagok Gépészeti Alapjai,* Minerva-Sop Bt. (1997), 4.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 135–138. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.26
http://hdl.handle.net/10598/28611

KŐOLAJ-VÍZ EMULZIÓK REOLÓGIAI VIZSGÁLATA

RHEOLOGICAL INVESTIGATION OF CRUDE OIL - WATER EMULSIONS

Elekes Andrea[1], Nagy Roland[2], Bartha László[3], Vágó Árpád[4]

[1] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36-88-624-412, e-mail: elekesa@almos.uni-pannon.hu*

[2] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon.: +36-88-624-412, e-mail: nroland@almos.uni-pannon.hu*

[3] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36-88-624-305, e-mail: bartha@almos.uni-pannon.hu*

[4] *MOL Nyrt., Csoportszintű Kutatás és Üzletfejlesztés, Magyarország, 1117 Budapest, Októberhuszonharmadika u. 18. e-mail: avago@mol.hu*

Abstract

In the course of polymer-surfactant type enhanced oil recovery (EOR) are mixed the surfactant solutions with crude oil while different stability emulsions are formed. The dynamic viscosity and phase separation ability of emulsions influence the flow rate in the pores of the reservoir rock. The measurement methods of emulsions completed with investigation of phase viscosity of settled emulsions by using a Brookfield rotational viscometer.

Keywords: *EOR, crude oil - water emulsion, viscosity, Brookfield viscometer.*

Összefoglalás

A polimer-tenzides harmadlagos kitermelés (EOR) során a vizes tenzidoldatok és a kőolaj keveredésekor különböző stabilitású emulziók alakulnak ki. Ezek tárolókőzet pórusain történő áramlási sebességét nagymértékben befolyásolja a dinamikai viszkozitásuk és fázisszétválasztással szembeni stabilitásuk. A kőolaj tenzides kiszorítási technológiájának kutatásához az emulziók vizsgálati módszerét az ülepített emulziók fázisviszkozitásainak mérésével egészítettük ki, Brookfield-típusú rotációs viszkoziméter alkalmazásával.

Kulcsszavak: *EOR, kőolaj-víz emulzió, viszkozitás, Brookfield viszkoziméter.*

1. Bevezetés

Az elsődleges és másodlagos kőolaj kitermelési módszerekkel a kőolajtárolók olajtartalmának csupán 50-60%-a hozható a felszínre [1]. A kitermelési hatásfok további növelése érdekében fejlesztették ki a kémiai kiszorításon alapuló harmadlagos eljárást (EOR). Kutatómunkánk során a kémiai, azon belül is a polimer-tenzides harmadlagos kőolaj-kitermeléssel foglalkoztunk. Ezen eljárásnál a vizes tenzidoldatok és a kőolaj keveredésekor különböző stabilitású

emulziók alakulnak ki, amelyek reológiai tulajdonságai nagymértékben befolyásolják a kőolaj kitermelés hatékonyságát [2, 3].

Vizsgálataink célja volt, hogy az EOR célra előállított tenzidkompozíció felhasználásával készített és ülepedő kőolaj-víz emulziót reológiai szempontból jellemezni tudjuk az ülepedő emulzió folyadékoszlop magasságának függvényében.

2. Felhasznált anyagok

2.1. Alkalmazott kőolaj

A vizsgálatok során az **1. táblázat**ban feltüntetett tulajdonságú algyői kőolajat használtunk fel.

1. táblázat. *Felhasznált kőolaj jellemzői*

Jellemző	Érték
Sűrűség, g/cm^3 (20°C)	0,847
Dinamikai viszkozitás, mPas (50°C)	12,87
Dermedéspont, °C	22
Watson-féle karakterizáló tényező	13,2
Karakter	Paraffinos

2.2. Alkalmazott rétegvíz

A vizsgálatokat algyői rétegvízzel végeztük, amely főbb paramétereit a **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat. *Felhasznált rétegvíz paraméterei*

Paraméter	Érték
Eleketromos vezetőképesség (20°C), mS/cm	3,38
pH-érték	8,4
TDS (összes oldott anyag) (105 °C), mg/l	3860

2.3. Vizsgált tenzidkompozíciók

Méréseinkhez saját fejlesztésű anionos és nemionos tenzideket használtunk fel. A tenzidkompozíciókból (**3. táblázat**) adott koncentrációjú oldatokat készítettünk, majd ezekhez folyásmódosító polimer adtunk. Ezt követően tanulmányoztuk a különböző emulgeátorok hatását az emulzió képződésre.

3. táblázat. *Felhasznált tenzidkompozíció összetétele*

Tenzid-kompozíció jele	Anionos tenzid	Nemionos tenzid
K-1	A-1 70%	N-1 30%
K-2	A-1 70%	N-2 30%
K-3	A-2 70%	N-1 30%

3. Mérőműszer

A mérésekhez Brookfield DV-III digitális programozható rotációs reoviszkozimétert alkalmaztunk.

4. Mérési módszer

A kőolaj-víz emulziók készítése során 50 cm^3 össztérfogatban 1,5 %-os emulgeátor elegyet tartalmazó rétegvizes oldatot készítettünk majd azt 50 cm^3 kőolajjal elegyítve, intenzív rázással homogenizáltuk.

Az ülepedés révén szétváló fázisok viszkozitásának méréséhez az emulziót duplafalú termosztálható edénybe öntöttük, majd azonnal megmértük az emulzió viszkozitását a folyadékoszlop magasságának függvényében. Ezt követően 80°C-on 2 órán keresztül nyugalmi állapotban termosztálást végeztünk, majd megismételtük a viszkozitás mérést. Eközben feljegyeztük a vizuálisan meghatározott fázishatárokat.

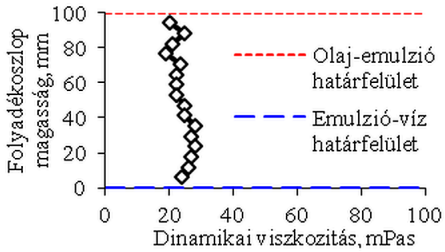
5. Mérési eredmények

A mérési eredményeket a **1-6. ábrá**kon mutatjuk be. A folyadékoszlop magasságában 18 mérési ponton mértük meg a dinamikai viszkozitást. A diagramokon a piros és a kék szaggatott vonalak a vizuálisan meghatározott

olajfázis és az emulzió, valamint az emulzió és a víz közötti fázishatárokat jelölik.

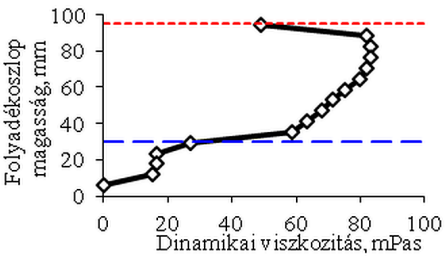
5.1. K-1 jelű tenzidkompozíció vizsgálata

A vizsgálat kezdetén a minta teljes térfogata emulziós fázisban volt. Viszkozitása a folyadékoszlop teljes magasságában 25 mPas nagyságú (**1. ábra**).



1. ábra. *K-1 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 0. perc*

A mérés 30. percében már három fázis alakult ki: felül olajos, középen emulziós és alul vizes. A vizsgálat 120 perces intervalluma alatt a vizes fázis térfogata fokozatosan növekedett. 2 órás ülepedési időt követően az olajos fázis nagysága 5 V/V%, a vizes fázis nagysága 30 V/V% volt (**2. ábra**).

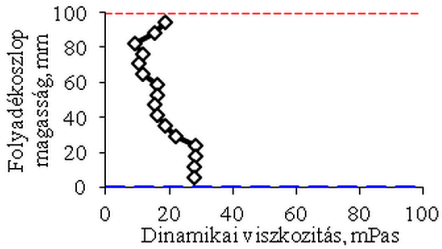


2. ábra. *K-1 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 120. perc*

A fázisok kialakulása a viszkozitás értékek változásán is megmutatkozott. Az emulziós fázisban a viszkozitás értékek közel 80 mPas-ra emelkedtek. A vizuálisan meghatározott fázishatároknál a viszkozitás értékek meredeken megváltoztak, és alulról felfelé haladva az emulzió O/V típusúról V/O típusúra változott, továbbá fázisinverzió is megfigyelhető volt.

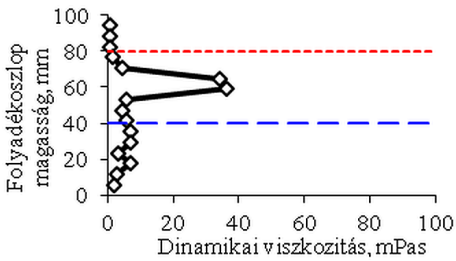
5.2. K-2 jelű tenzidkompozíció vizsgálata

A K-2 jelű tenzidkompozíció vizsgálatakor a kezdeti homogén emulziós fázis viszkozitása 10-30 mPas nagyságú (**3. ábra**).



3. ábra. *K-2 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 0. perc*

120 perces ülepedést követően a felső, olajos fázis mennyisége 20 V/V% volt, az emulziós fázis nagysága 40 V/V%-ra csökkent (**4. ábra**).



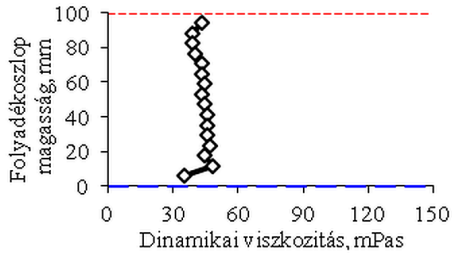
4. ábra. *K-2 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 120. perc*

A viszkozitás értékek a vizes és az olajos fázisban 10 illetve 5 mPas alattiak. A vizsuálisan megfigyelt fázishatárnál a viszkozitás értékeknél jelentős változást nem tapasztalunk, azonban az emulzió

fázisinverziójának tartományában közel 40 mPas-os viszkozitás növekedést mértünk.

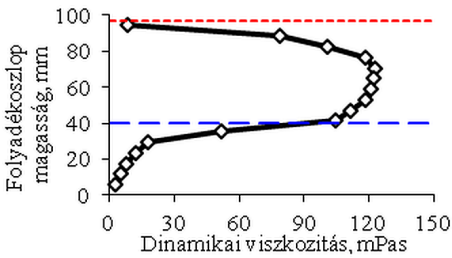
5.3. K-3 jelű tenzidkompozíció vizsgálata

A K-3 jelű tenzidkompozícióból előállított emulzió kezdetben homogén, relatíve nagy (55 mPas) dinamikai viszkozitású fázist alkotott (**5. ábra**).



5. ábra. *K-3 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 0. perc*

A vizsgálat 120. percében a felső, olajos fázis nagysága csupán 3 V/V% volt, az alsó vizes fázis aránya 40 V/V% lett (**6. ábra**).



6. ábra. *K-3 jelű tenzidkompozícióval készült kőolaj-víz emulzió viszkozitása a magasság függvényében 120. perc*

A viszkozitás értékek változásával ez esetben is nyomonkövethető a fázisváltozás. A vizuálisan meghatározott víz-olaj emulzió határfelületnél a viszkozitás értékeknél jelentős, közel 100 mPas, emelkedést tapasztaltunk. A V/O típusú emulziós fázisban ezek az értékek tovább növekedtek, kb. 130 mPas-ig. Az olaj-emulzió határfelületnél szintén fázisinverziót és átmeneti fázist feltételeztünk, mivel a viszkozitás abban az esetben is jelentősen megváltozott. A folyadékoszlop 60%-át követően az olajban emulgeált víz koncentrációjának fokozatos csökkenésével párhuzamosan a viszkozitás is egyre jobban megközelítette a kőolaj 5 mPas körüli viszkozitását.

6. Következtetések

A kőolaj tenzides kiszorítási technológiájának kutatásához az emulziók vizsgálati módszerét az ülepített emulziók fázisviszkozitásainak mérésével egészítettük ki.

A vizsgált emulziók esetén megállapítottuk, hogy a tenzidkompozíció anionos és nemionos tenzid alkotója befolyásolja a kialakult emulzió típusát és mennyiségét. A vizuálisan meghatározott és a valós fázishatár nem minden esetben egyezik.

A bemutatott módszert alkalmasnak találtuk a valódi fázishatárok és átmeneti fázisok megállapítására. Kimutattuk, hogy az így kidolgozott módszer alkalmas a tenzidek összetétel-változásának, az emulziókészítési illetve tárolási paraméterek hatásainak értékelésére és relatív összehasonlítására.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pápay J.: *Szénhidrogéntelepek művelési technológiájának szinergiája*, Kőolaj és Földgáz, 2005/3, 1-8.

[2] William C. Lyons: *Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering: Volume 2*, Gulf Professional Publishing, 1996., 319-343

[3] Abass A. Olajire*: Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges*, Energy 77, 2014., 963-982

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 139–142. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.27
http://hdl.handle.net/10598/28612

PASSZÍV SZOLÁRIS NYERESÉGEK VIZSGÁLATA A DEM KUTATÓSZOBÁK ENERGIAFELHASZNÁLÁSÁNAK TÜKRÉBEN

ENERGY CONSUMPTION BASED EXAMINATION OF PASSIVE SOLAR GAINS IN THE CARRELS OF THE DEM

Fiál Ádám

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék, 4028, Debrecen, Ótemető u. 2-4.; fialadam@gmail.com

Abstract

In this study we examined the heating energy consumption and the indoor temperature in function of the solar radiation in the carrels of the Sustainable Energy Research Center of University of Debrecen (DEM). After evaluation of the measurements, we developed a numerical model that describes the heat-gain caused by the solar radiation. With the constructed model we estimated the theoretical heat gain in the research room however the functions weren't fit with the results of measurement. In the rest of the study we discussed the reasons of the differences, for example the changes in the heat storage mass calculations or the real meaning of the internal temperature from the calculations.

***Keywords**: solar gain, heat storage mass, thermal load, direct solar system, numerical model.*

Összefoglalás

A jelen tanulmányban többek között a kutatószobák fűtési energiafelhasználását vizsgáltuk különböző besugárzási körülmények között, valamint az épületbe jutó napsugárzás okozta felmelegedést követtük nyomon a Debreceni Egyetem Fenntartható Épületenergetikai Információs Központjában (rövidebb nevén: Dem). A mérések kiértékelése után egy számítási modellt állítottunk fel. A modell segítségével meghatároztuk kutatószobák felmelegedését, azonban a kapott eredmények nem egyeztek meg a mért értékekkel. A dolgozat további részében ennek az eltérésnek az okait kerestük, mint például a hőtároló tömeg figyelembevételének módja, az eltérő mért és a számított hőmérséklet.

***Kulcsszavak:** szoláris nyereség, hőtároló tömeg, hőterhelés, direkt szoláris rendszer, számítási modell.*

1. Mérési körülmények

Az épületben három kutatószoba található az épület déli-, keleti-, és nyugati sarkában. A szobák belső környezet jellemzőit számos berendezés vizsgálja, méri és archiválja. A mérés során a 3 kutatószobában, azonos időpontban, de eltérő feltételek (szoláris nyereségek, hőtároló tömeg) mellett mértük az energiafelhasználást és a belső hőmérsékleteket.

1.1. Mérési időszakok

A kísérleti időszak több szakaszból állt. Elsőként egy felfűtési/kalibrációs időszakra volt szükség, hogy leellenőrizhessük az archiváló rendszer pontosságát. Ezután kövezhettek a mérési szakaszok:

– az első, március 31-től, április 4-ig, mikor a keleti helyiségek összes

árnyékolóját elhúztuk a mérési intervallum idejére;
- a második, április 8-tól, április 11-ig, amikor csak a keleti nyílászárók árnyékolóit húztuk el, és az 1-es kutatószoba belső falaira hőszigetelést helyeztünk el;
- a harmadik, április 14-től, április 19-ig, amikor csak a déli helyiségek déli árnyékolóit nyitottuk ki, és a 3-as kutatószoba falaira hőszigetelést helyeztünk el.

1. ábra. *A Dem földszinti alaprajza*

A mérési időszakban a felhőzetet fényképekkel dokumentáltuk. A mérés során archivált adatokat a későbbiekben felhasználtuk a számítási modell finomítása során.

2. A számítási modell felállítása

2.1. Elméleti alapok

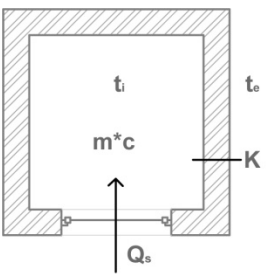
Egy helyiséget tekinthetünk egy hőtároló tömeggel rendelkező egységnek, melybe a befolyó áram a szoláris energia, a kifolyó áram pedig a helyiség hőmérsékletének és a külső hőmérsékletnek a különbségével arányos hőveszteség. Ekkor a rendszer leírható egy *kapacitásos késleltető*, vagy más néven *egytárolós arányos* elemi egység *dinamikus állapotfüggvényével*. Kanonikus alakja [1.]:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{C}\phi_b(t) - \frac{k}{C}v \qquad (1)$$

(1) ahol: v – a vizsgált intenzív jellemző, t – idő, C – kapacitástényező, $\phi_b(t)$ - a bemenő áram időfüggvénye, k – veszteségtényező. A függvény integrálva és átrendezve:

$$v(t) = \frac{\phi_{b1}}{k}(1 - e^{-\frac{k}{C}t}) \qquad (2)$$

A mi esetünkben a bemenő áram az ablakon bejutó napsugárzás energiaárama, amely időben változó, hiszen reggel mikor felkel a nap nem olyan szögben, és nem akkora intenzitással éri az üvegfelületeket a napsugárzás, mint mondjuk délben.



2. ábra. *Ideális számítási szobamodell*

A belső léghőmérséklet ti [°C], a külső hőmérséklet te [°C], amit jelen esetben állandónak tekintünk. Az épületben a belső hőtároló kapacitása: m*c [kJ/K], ebbe beletartozik a falak belső oldala a hatályos előírások szerinti vastagságig. Az elemi helyiség veszteségtényezője: K [kJ/K], amely a helyiséget határoló épületszerkezetek hőátbocsátási tényezőiből és azok felületéből, a helyiség térfogatból és a légcsereszámból számítható. A helyiségbe beérkező hőteljesítmény értéke: Qs, a bemeneti jel. A rendszertechnikai

képletbe behelyettesítve a helyiségre vonatkozó elemeket, a következő összefüggést kapjuk:

$$\varphi_{i1} = \frac{Q_{sd1}}{K}\left(1 - e^{-\frac{K}{mc}\tau}\right) + \varphi_{i0}\, e^{-\frac{K}{mc}\tau} \qquad (3)$$

Amennyiben az időben változó Qs bemenő jelet impulzusokkal közelítjük, az összefüggés segítségével kiszámíthatjuk az időben változó napsugárzás okozta felmelegedés mértékét a belső térben, emellett tartalmazza az előző vizsgált időperiódusban leadott energia válaszreakciójának pillanatnyi állását is, azaz a φ_{i0} tényezőt.

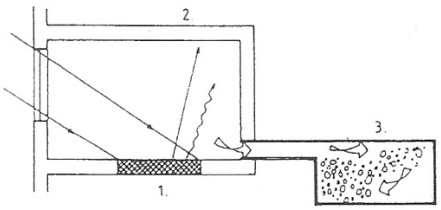
3. Számítási eredmények

A mért értékeket és a számítási metódusokat Microsoft Excel programban helyettesítettem be. Az egyszerűség kedvéért az első három napot vizsgáltam az első mérési szakaszon belül, mert akkor teljesen tiszta volt az ég és nem kell kellett számolnom a felhőzet sugárzást csökkentő hatásával. Azonban a számításból kapott eredmények és a mért értékek nem fedték egymást. Az eltéréseknek számos oka lehet, pl. mérési pontatlanság, számítási hibák stb. Viszont az ellenőrzések során kiderült, hogy az eddigi számításaink, méréseink és felvetéseink pontosak voltak.

4. A számítási módszert javító metódusok

4.1. A hőtároló tömeg csökkentése

Direkt szoláris rendszeres rendszerek esetében meg kell különböztetnünk különböző fontosságú hőtároló tömegeket. Elsődleges hőtároló tömegek azok a belső épületszerkezetek, melyeket közvetlenül ér az üvegezésen bejutó direkt napsugárzás. Szokványos esetben ez a padló, leginkább itt van szükség jó elnyelő-képességű és nehéz szerkezetekre, burkolatokra.

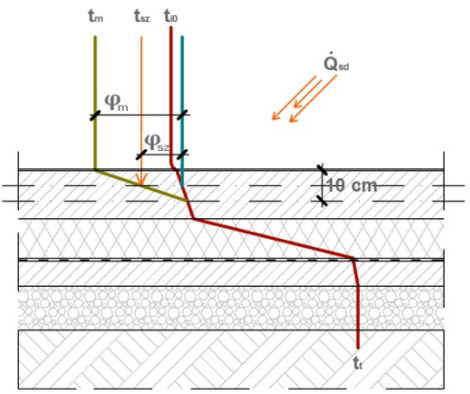


Az elsődleges (1), másodlagos (2) és „kihelyezett" hőtároló tömegek értelmezéséhez

3. ábra. *A hőtároló tömegek fontossága a direkt szoláris rendszerekben (forrás:[2.])*

4.2. A számításból kapott eredmények újraértelmezése

A napfény a belső levegőt úgy melegíti fel, hogy a bejutó sugarakat elnyelő szerkezet felmelegedik, és aztán konvekció útján leadja a levegőnek az energiája egy részét. Mivel a levegő hőtároló tömege elhanyagolható, hőmérséklete csak néhány perces késéssel követi a belső burkolófelületek.



4. ábra. *A hőátadás szemléltetése*

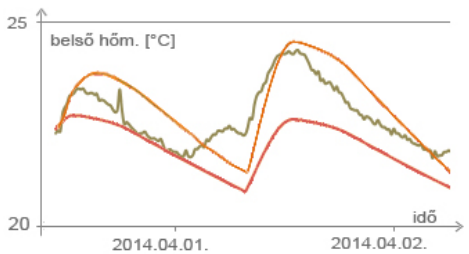
A 4. ábrán piros vonallal jelöltem a padlószerkezet hőmérsékleteloszlását általános esetben, azaz a kezdeti állapotban, amikor még nem éri napsugárzás a padlót. t_{i0}-al jelöltem a kezdeti belső hőmérsékletet, t_t-vel pedig a talaj hőmérsékletét. Ebben a pillanatban a belső hőtároló tömeg, vagyis a

sematikus ábrán bemutatott esetben a felső 10 cm-es réteg középpontjában mérhető hőmérséklet a narancssárga vonallal jelzett érték. Ez természetesen csak akkor helyes, ha a hőtároló tömegben a hőmérsékleteloszlást lineárisan közelítjük. Ez azaz érték, amelyet a számítási modellben kiszámítunk, viszont a mért belső léghőmérséklet nem egyezik meg ezzel, hiszen a felület melegebb, mint a hőtároló tömeg átlagos hőmérséklete.

4.3. A számítást módosító egyéb tényezők

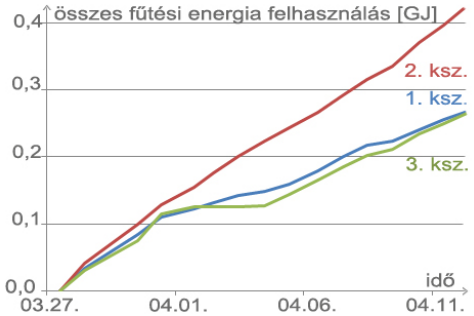
A mért és számított értékek közötti eltérést okozhatja a helyiség hőátbocsátási tényezőjének a valós éréke, a sugárzási értékek kiszámításánál figyelembe nem vett tényezők, mint az aktuális felhőzet besugárzott energiát redukáló hatásának figyelembevétele, vagy a beépített környezet időbeli változása, a kutatószobák közötti közös használatú tér eltérő hőmérséklete.

5. Eredmények



5. ábra. *Számítási eredmények*

A számítási metódus kalibrálásával a mért belső léghőmérséklet és a számított érték már jobban fedik egymást, mint az az 5. ábrán is jól látható. Zöld színnel jelzem a mért léghőmérsékletet, pirossal a kalibrálás előtti számítási eredményt, valamint narancssárgával a módosított számításból kapott eredményeket. Az energiafelhasználásból is vontunk le következtetéseket:



6. ábra. *Fűtési energiafelhasználás*

A 6. ábrán látható a fűtési energiafelhasználás a teljes kutatási időszak egy részében. Jól látszik, hogy az 1-es és 3-as kutatószobában sokkal kevesebb (két-harmada) volt a fűtési energiafelhasználás annak ellenére, hogy csak kilenc napot volt elhúzva a nyílászárót árnyékoló panel az egész kutatási időszak alatt.

6. Következtetések

A felmelegedés pontos kiszámításának metódusa a rengeteg változó körülmény és be nem számolt módosító tényezők miatt további munkára szorul. Szükségesnek ítélnék még a továbbiakban, egy a padló hőtároló tömegének kizárására folyó kísérletet, melyben a padlófűtési rendszert is kiváltanánk egy másik, akár elektromos hősugárzós berendezéssel, hogy megállapíthassuk az elsődleges hőtároló tömegek valós számszeri jelentőségét. Ezen kívül érdemes lenne megvizsgálni a hőtároló tömegek pontos rétegenkénti felmelegedését is a Napból érkező sugarak hatására.

Szakirodalmi hivatkozások

[1.] Dr. Szabó Imre: *Gépészeti rendszertechnika*, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1986.

[2.] Prof. Zöld András: *Energiatudatos építészet*, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1999.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 147–150. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.28
http://hdl.handle.net/10598/28657

FELHASZNÁLÓI VISELKEDÉSANALÍZIS EGY LEHETSÉGES MÓDSZERE

REAL-TIME USER BEHAVIOR ANALYSIS - MACHINE LEARNING IN IDENTITY INTELLIGENCE

Fried Zoltán

BalaBit IT Security, Cím: 1117, Magyarország, Budapest Alíz utca 2.; Telefon: +36 1 398 6700, Fax: +36 1 208 0875, zoltan.fried@balabit.com

Abstract

A real-time user behavior analytics solution that mitigates the impact of advanced persistent threats (APTs) and potential data breaches helps.

***Keywords**: user behavior, secirty, analysis, real-time.*

Összefoglalás

Napjaink IT-biztonságtechnikai és erre épülő riasztórendszerei (SIEM) a pontról pontra definiált egymásra épülő szabályrendszereken alapulnak. A rohamosan fejlődő és növekvő számítógépes rendszerek (pl. felhők) és még nagyobb számú hozzájuk köthető biztonságtechnikai szabályrendszerek már szinte kezelhetetlen terhet jelentenek ezen rendszereket üzemeltető szakemberekre. Ezen rendszerek beüzemelésének és üzemeltetésének erőforrásigényén enyhít a dolgozatban ismertetett öntanuláson alapuló, valósidejű, új generációs felügyeletei technológia.

***Kulcsszavak:** viselkedésanalízis, biztonság, riasztás, felügyelet, valósidejű.*

1. Bevezetés

A számítógépes rendszerek felhasználói jogosultságainak a beállítása és karbantartása több száz vagy ezer felhasználó esetén nehéz és bonyolult feladat. Az egyes felhasználókhoz köthető egyedi jogosultságok naprakész tartása, és a jogosultság-szegési kísérleteinek feldolgozása még nehezebb. A dolgozatban ismertetünk egy merőben új eljárást a fenti probléma egyszerű megvalósítására.

2. A jelenleg használt megoldások előnyei és hátrányai

A vállalatok az adataik védelme érdekében egyre több korlátozó szabályt hoznak és informatikai megoldásokat vezetnek be. Ezek a korlátozások az adatok védelme mellett a munkafolyamatokat gördülékenységét is korlátozzák, ami a termelékenységre is közvetlen hatással van. Ha egy felhasználó az informatikai rendszerben megkísérel megszegni egy szabályt, arról értesítés keletkezik, amire meghatározott időn belül reagálni kell. Ez addig nem is gond, amíg ezek az értesítések, riasztások száma viszonylag alacsony. Egy riasztás értéke attól is függ, hogy, milyen közel van a reakció az esemény bekövetkezési idejéhez. A reakció időt csak akkor lehet alacsonyan tartani, ha a nagy számú véletlenül kiváltott riasztások számát is alacsony értéken tartjuk és elsősorban csak azokkal a riasztások-

kal foglalkozunk amik valós veszélyt jelentenek a vállalat adatira.

A jelenlegi biztonságtechnikai megoldások használatakor pontosan meg kell mondani, hogy egy felhasználó mit tehet és mit nem egy informatikai rendszerben. Egy közepes vagy nagyvállalat esetében egy felhasználónak a munkájához általában több informatikai rendszerhez hozzá kell férnie. Ezek között biztos van olyan rendszer is ami valamilyen elvek alapján a vállalat számára érzékeny adatokkal dolgozik. Minél több párhuzamos informatikai rendszerhez fér hozzá egy felhasználó, annál fontosabb a vállalat számára, hogy tudja, hogy az adott felhasználó csak a neki szükséges erőforrásokat használja, és a munkája során megszerzett ismeretekkel nem él vissza.

A napjainkban működő informatikai rendszerek biztonságtechnikai megoldásai azon alapulnak, hogy a szükséges erőforrásokhoz hozzáférési jogosultságot adnak, minden egyéb erőforráshoz viszont a hozzáférést tiltják. Az informatikai szakemberek a karbantarthatóság figyelembevételével nagy számú felhasználó esetében a jogosultságokat és a felhasználókat külön csoportokba rendezik, és ezeket a felhasználó csoportokat és a jogosultság csoportokat rendelik egymáshoz. Nagyon ritka eset, amikor egy valamilyen szempont alapján kitüntetett felhasználó teljesen egyedi jogosultságokat kap - ezt minden eszközzel kerülni kell. A jogosultsági rendszer erőssége a pontos jogosultságspecifikáció, és az ebből fakadó jól körülhatárolható jogosultsági mátrix, hátránya viszont a nehéz karbantarthatóság, a szabályszegésekből (szándékos vagy véletlen) adódó nagy számú riasztások priorizálása és kezelése. A vállalati folyamatok informatikai leképzésének bonyolultságából adódóan a SIEM (Security information and event management) rendszereket nagyon nehéz és időigényes feladat megfelelően beállítani, a változó igényekre folyamatosan naprakészen tartani.

3. A felhasználói viselkedés-analízis

A felhasználói viselkedésanalízis egy viszonylag új terület az informatikai biztonságtechnika területén. Az elmélet azon alapszik, hogy ha ismerjük a vállalatban dolgozó felhasználók munkája során keletkezett tevékenységeket, akkor e tevékenységek időben folyamatos vizsgálata során minden egyes felhasználóra egyedileg jellemző ujjlenyomat képezhető. Ezen ujjlenyomat alapján megmondható, egy számítógépes rendszerben végzett tevékenységről, hogy a beleillik e a tevékenységet végző felhasználó profiljába vagy sem. Ha nem illik bele az előre meghatározott profilba, akkor kiszámolható, hogy ez mennyire tér el az ugyanazt vagy hasonló feladatot ellátó felhasználók viselkedésétől. A kapott eredmények alapján könnyen rangsorolhatóak az egyes események, riasztások.

4. Az új rendszer

4.1. A felhasználói viselkedés-analízishez szükséges profil kialakítása

Vegyük sorra egy felhasználó napi tevékenységét. Megérkezik a munkahelyére és bejelentkezik a számítógépes rendszerbe. Általában egy bejelentkezéssel több (SSO) informatikai rendszer használatához is jogosultságot szerez. A felhasználó a munkája során általában leveleket ír, dokumentumokat szerkeszt, a képernyőn az felhasználó számára aktív elemekre kattint, meghatározott helyekre jól körülhatárolható válaszokat gépel, dokumentumokat, cikkeket olvas, képeket, videókat néz vagy esetleg szöveges parancsokat ad a számítógépnek. Ezek az információk még akkor is leképezhetőek a felhasználó számítógépétől független adatbázisokba, ha arról a felhasznál nem adott kifejezett parancsot. Abban az esetben ha ezeket az információmorzsákat összegyűjtjük, akkor képesek vagyunk valós idő-

ben reagálni a felhasználó által generált eseményekre.

4.2 Az adatforrások

- A 4.1-es fejezetben említett információforrások közül a legelterjedtebb a login/logout időpont - felhasználó - informatikai rendszer eseményhármas. Ezen eseményhármas kiegészíthető egy olyan információval is, hogy milyen rendszeren keresztül végezzük a be vagy kijelentkezést;
- Az IT szakemberek által kiadott parancsok. Ezek a parancsok mintázata nagyon jellemző a parancsot kiadó szakemberre, még akkor is, ha több szakembernek ugyanaz a feladata, ugyanazokat a parancsokat adják ki;
- A felhasználó a munkája során milyen szervereken dolgozik, ezt mikor teszi és ott milyen feladatot hajt végre. Ebben a pontban tulajdonképpen minden információ benne van, ami a feladatra jellemző, kivéve azt az információhalmazt amin a feladatot el kell végezni.

4.3 Az algoritmusok egyszerűsített működése

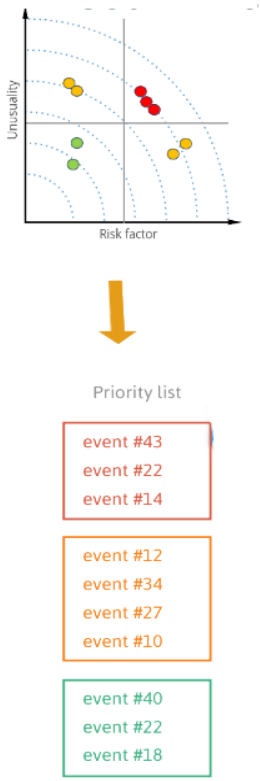
A be- és kijelentkezési információk vizsgálatához a normál eloszlás használjuk. Leegyszerűsítve ezeket a valószínűségeket összegezzük és a eredmény képezi a felhasználó profilját. Ennek a vizsgálatnak az a célja, hogy meg tudjuk határozni, hogy a felhasználó a következő be- és kijelentkezésének mekkora a valószínűsége a korábbi eredményekhez képest. Ha ez az eltérés átlép egy küszöböt riasztás generálódik a rendszerben. Ha megkülönböztetjük a sikeres és sikertelen kísérleteket és azok számosságát is figyelembe vesszük, akkor következtetni lehet az egyes behatolási kísérlet jogosultságának a fokára is.

A vásárlói szokások vizsgálatához használt recommandation enginek [1] módosított változati nagyon jól felhasználhatóak ehhez a területhez is. Ilyenkor az engine által felépített mátrixot arra használjuk, hogy az adott pillanatban bekövetkezett esemény valószínűsége mennyivel tér el az engine által jósolttól. Ehhez a vizsgálathoz a mátrix faktorizációt [2] használjuk. A mátrix felépítéséhez az egyes dimenziók "szöveges" megfogalmazását számszerűsíteni kell, majd addig transzformáljuk az adatokat, amíg a mátrix egyes dimenziói ortogonálisak lesznek egymásra. Riasztásra akkor kerül sor, amikor a mátrix mindegyik dimenziójához rendelt riasztási küszöböt átlépte az esemény bekövetkezésének a valószínűsége.

Egy másik lehetséges eljárás a vásárlói kosár elemzéséhez használt algoritmusok [3]. Ilyenkor azt vizsgáljuk, hogy a felhasználó az egyes hozzáférési kísérletek során, vagy a számítógépnek kiadott utasításai pillanatában a művelethez szükséges adatok mellett az egyes járulékos paraméterekből (például: kliens IP cím, szerver IP cím, protokollok, portok, autentikációs paraméterek, alkalmazások, stb.) számított pontérték milyen távol helyezkedik el a felhasználó korábban felépített profiljában eltárolt pontéréktől. A távolság függvényében küldünk riasztást az éppen folyamatban levő tevékenységekről.

5. Következtetések

Az IT-biztonságtechinka evolúciójának a legújabb generációjához tartozó megoldások az informatikai rendszerekből származó információk összegyűjtésével és elemzésével foglalkoznak. Ezek olyan vizsgálati módszereket alkalmaznak, melyek valós idejű, átfogó képet tudnak mutatni a rendszerben éppen történő eseményekről, amelyek segítségével az IT-biztonságtechnikai szakemberek a valós kockázatokat jelentő eseményekre koncentrálhatnak.



1. ábra. *A rendszerbe érkező események kategorizálása és érzékenységük szerint sorrendbe állítása*

A technológia lényege az, hogy nem egy újabb és még szigorúbb irányelveken alapuló kontrollmegoldások bevezetését célozza meg, hanem a felhasználók egyedi viselkedésmintáinak monitorozásán, az aktivitásokban, a szokásostól eltérő anomáliák matematikai algoritmusokkal történő kiszűrésén és azok fókuszált kivizsgálásán alapul. A tapasztalatok alapján a folyamatos, valós idejű tevékenységmonitorozás előnye az, hogy a vállalati rendszerek biztonságát úgy képes növeli, hogy közben sem az üzleti folyamatokat, sem a felhasználók mindennapi munkavégzését nem korlátozza.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Barry K. Lavine: *Clustering and Classification of Analytical Data*, Clarkson University, Potsdam, USA, Encyclopedia of Analytical Chemistry, ISBN 0471 97670 9

[2] Ruslan Salakhutdinov and Andriy Mnih: *Probabilistic Matrix Factorization*, Department of Computer Science, University of Toronto, 6 King's College Rd, M5S 3G4, Canada

[3] Renáta Iváncsy and István Vajk: *A time- and memory-efficient frequent itemset discovering algorithm for association rule mining*, Int. J. Computer Applications in Technology, Vol. 27, No. 4, 2006, 270-280.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 143–146. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.29
http://hdl.handle.net/10598/28613

HELYSZÍNI VÍZANALITIKAI VIZSGÁLATOK A KONDOROSON

FIELD STUDIES OF WATER ANALYTICS AT THE KONDOROS

Fórián Sándor[1], Salagvárdi Noémi[2], Bodnár Ildikó[3]

[1]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +36 52/415 155 - 77830; forian@eng.unideb.hu*

[2]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +36 52/415 155 - 77830; salagvardinoemi@gmail.com*

[3]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +36 52/415 155 - 77825; bodnari@eng.unideb.hu*

Abstract

Kondoros is a brook and located in Hajdú-Bihar County, Hungary. The total catchment area of steam Kondoros is about 169 km^2, and the estimated terrain elevation above sea level is 98 meters. Since water protection is very important we decided to do our water quality measurements through the whole stream. The investigation of water chemical parameters persuaded we to exam the pollution level and the status of the river bed. Our aims were to exam in situ the water samples and to determine the status of the stream on the base of measured data. We evaluated our results according to the water pollution limit values notified in the **10/2010. (VIII.18.) VM** Hungarian government regulation.

Keywords*: Kondoros stream, water quality measurements, waterquality, specific electric conductivity, dissolved oxygen.*

Összefoglalás

A Kondoros egy ér, ami Magyarországon, Hajdú-Bihar megyében található. A vízgyűjtő területe 169 km^2,a tengerszint feletti terepi magassága 98 méter körüli. Mivel a víz védelme nagyon fontos, ezért elhatároztuk, hogy vizsgálatainkat a vízfolyás teljes hosszán elvégezzük. A vízkémiai paraméterek érdekessé tették számunkra, hogy megvizsgáljuk a folyó szennyezettségét és a folyó medrének állapotát. Ezek alapján célunk volt a vízminta helyszíni elemzése, a kapott eredmények értékelése, és hogy következtetéseket vonjunk le a vízfolyás állapotáról. Az eredményeinket a **10/2010. (VIII.18.) VM rendelet** a felszíni víz vízszennyezettség határértékeiről és azok alkalmazásának szabályozásairól szóló rendelet alapján értékeltük.

Kulcsszavak: *Kondoros, vízminőségvédelem, vízminőség, fajlagos elektromos vezetőképesség, oldott oxigén.*

1. Bevezetés

Debrecen Magyarország Észak-Alföldi régiójában, Hajdú-Bihar megyében található az ország második legnagyobb városa. Két ismert vízfolyása van: a város nyugati felén a Tócó-vízfolyás amit a helyiek Tócó-pataknak neveznek, illetve a keleti oldalon a Kondoros-vízfolyás. Mindkét vízfolyás alföldi típusú ér jellegű. Besolrolása alapján síkvidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, kicsi és kis esésű vízgyűjtőjű vízfolyás

A Kondoros-vízfolyás mindösszesen 31,4 km hosszú, ez viszonylag rövid távolságú vízfolyásnak mondható. Igazi forrása nem látható úgynevezett mederforrása van.

Kezdetben csekély a vízszint, de 8-10 km hossz után már lábalható vízmélységig jutunk el. Vízszint növekedését a környező befolyások, hozzáfolyások (pl.: Cserei-ér) segítik elő.

2. Anyag és módszer

A helyíni vízkémiai paraméterek méréseit 2014. áprilisától folyamatosan végeztük. Előzetes terepbejárás során állapítottuk meg a mérési pontok helyszíneit, amelyet külső tényezők határoztak meg (pl.: befolyó csatorna, beépített csobogó, mesterséges- és természetes meder váltakozása).

A vizsgált szakasz 27,4 km hosszúságú. Célunk ezen a szakaszon igazolt változások megfigyelése volt.

A műszert a mérések elkezdése előtt kalibráltuk, ezt követően a vízfolyásból merítős módszerrel mintát vettünk, amin elvégeztük a megfelelő paraméterek mérését.

Lehetőség szerint in situ, azaz helyszíni mérést alkalmaztunk. További mintákat vételeztünk a laboratóriumi analitikai vizsgálatok elvégzésére.

A mintavételekről terepi jegyzőkönyvet készítettünk, ami segítségünkre volt a későbbi értékeléseknél. A jegyzőkönyvben rögzítettük a helyszíni adatokat, a vízállást illetve a meteorológiai adatokat.

3. Helyszíni mérések

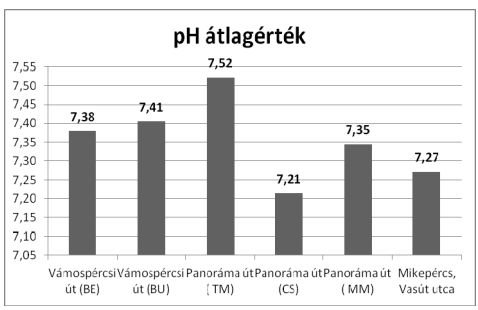
A helyszínen MultiLine P4 elektroanalitikai mérőbőröndöt használtunk. Segítségével a pH értéket, redoxifeszültséget, oxigéntelítettséget, oxigén koncentrációt, fajlagos elektromos vezetőképességet, sótartalmat és hőmérsékletet vizsgáltunk.

A terepi méréseket időszakosan végeztük. A kapott eredményeket átlagoltuk és diagramon ábrázoltuk.

3.1. A mért pH értékek kiértékelése

A víz kémhatását a pH érték segítségével tudjuk megállapítani, ez a paraméter sok kémiai, biológiai folyamatra van hatással.

A pH érték 4,5-8,0 között mozog a természetes vizek esetében [1]. Általában az erősen váltakozó pH érték arra enged következtetni, hogy a vizsgált vízfolyás mederaljzata nem egységes.



1. ábra. *A mért pH átlagértékek ábrázolása diagramon*

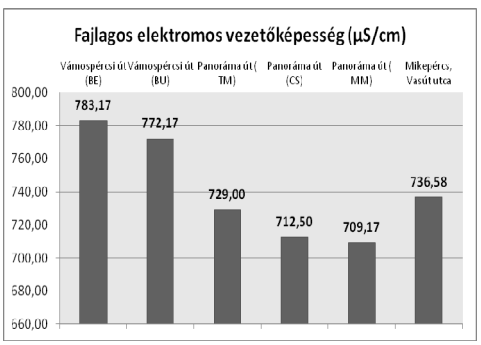
Méréseink alapján megállapítható, hogy a pH érték határértéket nem lép túl. Nincsenek nagyon kiugró értékek, ami nagyjából egységes mederre enged következtetni a Kondoros esetében. Egy esetben láthatunk viszonylag nagy csökkenést, ahol a természetes medret mesterséges, bukóval kiépí-

tett meder váltja fel. Itt az oxidációs folyamatok előtérbe kerülnek.

A mért pH átlagértékek diagramján jól látható, hogy az értékek a természetes vizeknek megfelelő határértéken belül mozognak.

3.2. A fajlagos elektromos vezetőképesség eredményeinek kiértékelése

A fajlagos elektromos vezetőképesség a sótartalom (szalinitás) mértékével egyenesen arányos. Alap mértékegysége Siemens/méter (Ez túl nagy fajlagos vezetőképességet jelent, ezért a természetes vizekben a µS/cm-t használjuk). A természetes vizek fajlagos elketromos vezetőkpéességének értéke 100-1000 µS/cm. [2]



2. ábra. *A mért fajlagos elektromos vezetőképesség átlagértékek ábrázolása diagramon*

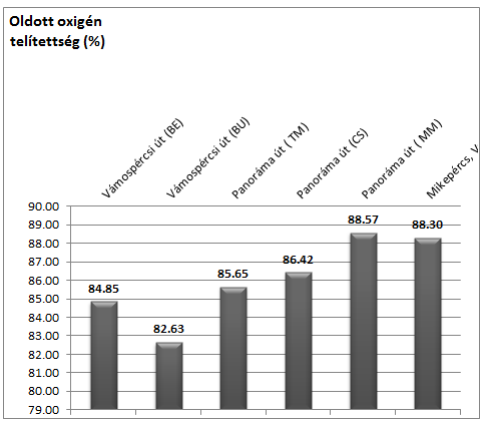
A mérés során a legalacsonyabb érték 433 µS/cm, legmagasabb 907 µS/cm. A legmagasabb értékeket az első két mérési pontnál mértük, ahol egy csatornabekötés található.

Esős időjárás alkalmával diffúz bemosódás szennyezi a vizfolyást. A 10/2010 VM rendelet [3] 900 µS/cm határértéket ír elő. Ezt az értéket a kapott maximum érték egy esetben meghaladta.

3.3. Az oldott oxigén telítettség eredményeinek kiértékelése

A vízben oldott oxigént kétféle mértékben kaphatjuk meg. Mérhetünk oldott oxigén koncentrációt, melyet mg/l-ben kapunk meg, illetve oldott oxigén telítettséget, amely %-os érték.

Az élőlények életfeltételeire döntő hatással van a vízben lévő oldott oxigén mennyisége. Az eredmények során figyelembe kell vennünk, mennyire gazdag élővilággal rendelkezik az általunk vizsgált terület, hiszen ennek függvényében változik az oxigén háztartás. Lehetőleg ugyanabban az időpontban végeztük a méréseinket, hiszen a délelőtti és a délutáni határértékek eltérőek (de.: 3-4 mg/l, du.: 9-12mg/l). [1]



3. ábra. *A mért oldott oxigén telítettség átlagértékek ábrázolása diagramon*

A folyamatos méréseink során a legalacsonyabb mért értékünk 73,40%, legmagasabb mért értékünk 97,40% volt. A mérési eredményeink alátámasztották, hogy a természetes meder állapot illetve a természetes meder állapothoz hasonló kialakítás rendkívül hasznos az élőlények számára, hiszen minden szükségletüket kielégíti. Ahol a növények fotoszintéziséből nem jut elég oxigén a vízbe, ott csobogó beépítéssel korrigálják az oxigénszintet.

A természetes meder és növényzet folyamatosan szűrőként funkcionál, ahol a káros diffúz szennyeződéseket fogják fel, és részben akkumulálják.

Abban az esetben, ha a légköri oxigén parciális nyomásától és a víz hőmérsékletétől függő mértékben oldódna az oxigén a vízben, és nem lennének élőlényeg benne, akkor elérhetné a 100%-os oxigéntelítettséget [4].

Azonban a vízben található növények, algák, hínárok, makroszkopikus gerinctelenek és egyéb élőlények oxigént fogyasztanak, illetve termelnek ezért ez az érték 100% fölötti értéket tesz mérhetővé.

Ha a növényzet túl dús a vizsgált víztestben, akkor az oxigén telítettségi érték egyértelműen 100% fölé emelkedik, ennek a valószínűsége viszont csak a délutáni órákban a fotoszintézis miatt esélyes, reggelre ez az érték drasztikus csökkenésnek indul a növények intenzív légzése miatt.

Ha nagy a napi ingadozás eutrofizálódás (növények túlburjánzása) gyanúja lép fel. A meleg vízben az oxigén kevésbé oldódik olyan jól, mint hidegebb vízben.

3.4. Összefoglalás

A folyamatos terepi méréseinknek, köszönhetően lehetővé vált számunkra, a vízfolyás feltérképezése, ami megalapozza a további vizsgálatokat.

A Víz Keretirányelv [5] kimondja, azt, hogy a magyarországi vízfolyásokat/ folyókat 2015-re jó ökológiai állapotúra kell hozni. Ehhez elengedhetetlen az általunk használt 10/2010. (VIII.18.) VM rendelet [3], amely határértékeket állapít meg. Méréseink során mindig viszonyítási alapul szolgáltak.

A só terhelés tekintetében a vízfolyás minősége a méréseink alapján, és a 10/2010 VM rendeletben előírtakkal összevetve jó minőségűnek mondható, ami az oxigénháztartást tekintve már nem mondható el. Itt közepes minősítést állapítottunk meg.

A terepi mérések megalapozták a további céljainkat. Terveink között szerepel a már elkezdett laboratóriumi vizsgálatok kibővítése.

Őszi tavaszi vízminták oxigénigényének laboratóriumi vizsgálata: a biológiai oxigénigény (BOI_5) illetve a kémiai oxigénigény (KOI_{ps}) meghatározása.

Szeretnénk további műszeres analitikai vizsgálatokat is elvégezni például ionkromatográfiás elemanalízis módszerrel a vízfolyást érő nitrogén- és foszforformák terhelésének meghatározása évszakonként is.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatás a TÁMOP-4.2.4. A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Papp Károlyné dr., Fűrész György (2003)- *Vízminőség, vízvizsgálatok*, Magyar Országos Horgász Szövetség, Budapest

[2] Dr. Bodnár Ildikó (2014) – *Oktatási segédlet a Vízgazdálkodás- és vízminőség védelem II című tárgyhoz*, Debrecen

[3] 10/2010. (VIII. 18.) *VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettség határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól* Budapest 2010.

[4] Fórián Sándor: *Vízgazdálkodás- és vízminőség védelem I.*, oktatási segédlet, DE-MK, 2013. 24.

[5] *Directive 2000/60/ec of the european parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy* Article 4 Environmental objectives 18.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 151–154. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.30
http://hdl.handle.net/10598/28614

AZ ÉKSZÍJTÁRCSA ÁTMÉRŐK ÉS AZ ÉKSZÍJAK MELEGEDÉSI VISZONYAINAK KAPCSOLATA

RELATIONSHIP BETWEEN THE PULLEY DIAMETER AND V-BELT TEMPERATURE CONDITIONS

Gárdonyi Péter[1], Kátai László[2], Szabó István[3]

[1]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépszerkezettan Tanszék, Cím: Magyarország, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Telefon / Fax: +36-28-522080/ 1486, gardonyi.peter@hallgato.szie.hu*

[2]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépszerkezettan Tanszék, Magyarország, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1., katai.laszlo@gek.szie.hu*

[3]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépszerkezettan Tanszék, Magyarország, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1., szabo.istvan@gek.szie.hu*

Abstract

Main objective of this paper is analyzing the temperature conditions of V-belt by infrared thermal camera depending on various pulley diameters. A speed ratio needed for a certain V-belt drive can be solved with wide spectra of pulley diameters. Defining the optimal pulley diameter is a complex procedure during drive design because the minimal diameter is specified by standards and the maximum diameter is limited by the allowable belt speed. In this study an experimental method was developed to define the V-belt temperature increase in function of pulley diameter in order to select the optimal pulley size.

Keywords: *V-belt, infrared thermal analysis, temperature conditions.*

Összefoglalás

A szíjhajtások tervezésénél általában a hajtott gépegység nyomatékigényét és a fordulatszámát vesszük alapul, majd áttételen keresztül összhangba hozzuk a meghajtó egységgel. Az előírt fordulatszám-értékhez tartozó áttétel több tárcsaátmérő kombinációjával is megoldható, így a tervezőre hárul az a feladat, hogy különböző szempontokat figyelembe véve határozza meg az optimálisnak tekinthető szíjtárcsa átmérőket. Az adott szíjtípushoz alkalmazható legkisebb tárcsaátmérőt szabvány írja elő, a legnagyobb átmérő értékét pedig a megengedhető maximális szíjsebesség korlátozza. A tanulmány célja, olyan kísérleti módszer kidolgozása, amely a tárcsaátmérő függvényében meghatározza az ékszíj melegedését, ezzel segítséget nyújtva az optimálisnak tekinthető átmérő kiválasztásához.

Kulcsszavak: *ékszíj, infravörös termográfia, ékszíjtárcsa átmérő, szíjhőmérséklet.*

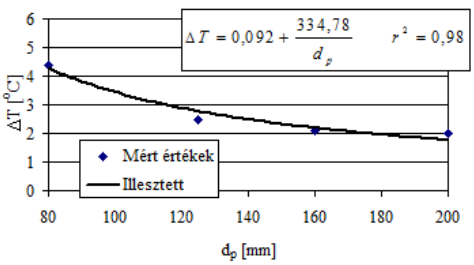
1. Bevezetés, célkitűzés

A szíjhajtások teljesítmény-átvitele során a szíj melegedése alapvetően két hatás eredménye. Az érintkező felületek makroszkopikus súrlódása következtében fejlődő hő, és a szíj ismétlődő igény-bevétele következtében fellépő hiszterézis veszteség hővé alakuló hányada. [2] Az ékszíjhajtás, mint minden gépszerkezet, bizonyos hatásfokkal üzemel, amely a hasznos és a bevezetett teljesítmény hányadosa. Ezeknek a különbsége adja a teljesítményveszteséget, amelynek nagy része hővé alakul. Ha az

ékszíj állandósult hőmérsékletét vizsgáljuk, mint veszteségintenzitást, abból következtetni lehet a szíjhajtás hatásfokára. A magasabb szíjhőmérséklet a molekulaláncok degradálásához, a gumi öregedéséhez vezet, ezáltal jelentősen befolyásolja az ékszíj élettartamát. Célunk egy olyan kísérleti módszer kidolgozása, amellyel a szíjhajtás hőmérséklet-emelkedése üzemi körülmények között vizsgálható.

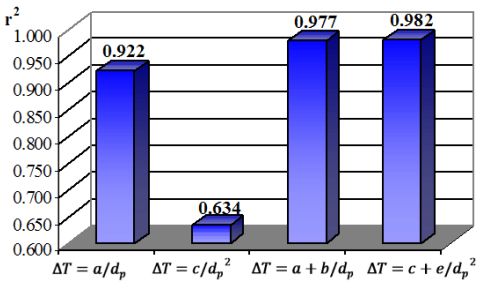
2. Az ékszíj melegedése a tárcsaátmérő függvényében

A Tanszéken folyó kutatások kiemelt területe a rugalmas hajtások vizsgálata. Kátai kísérleti úton meghatározta a tárcsaátmérő szíjhőmérséklet-emelkedésre gyakorolt hatását. A vizsgálatait egy saját tervezésű próbapadon végezte, ahol egy ismételt hajlítgatásnak kitett ékszíjdarab hőmérsékletét mérte tíz perces intervallumban. A hőmérséklet-emelkedés értékét a kiindulási és az utolsó 30 s alatt mért értékek átlagának különbségeként határozta meg.



1. ábra. *Az $\Delta T = a + b/d_p$ függvény alakban történő illesztés eredménye ($F_H = 300\ N, f = 290\ 1/min$) [3]*

Az **1. ábra** a mérési pontokat és a függvényillesztést szemlélteti adott előfeszítés és szíjfrekvencia beállítások mellett a tárcsaátmérő függvényében. Kátai a matematikai modellt, a szíjban keletkező hajlító igénybevétel $\sigma_{hajl} = E_{hajl} \cdot s/d$ elméleti összefüggésének megfelelően $\Delta T = a/d_p$ és $\Delta T = c/{d_p}^2$ függvény formájában keresse. A **2. ábrán** a különböző matematikai modellek illesztéseinek korrelációs együtthatói láthatók.



2. ábra. *A matematikai modellek összehasonlítása [3]*

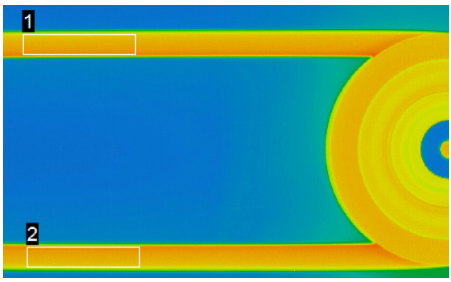
3. A vizsgálati berendezés és eszközei

A méréseinket a Tanszéken fejlesztett univerzális tesztpadon végeztük. A **3. ábrán** látható a kísérleti elrendezés, ahol nagy felbontású (640 x 480) infrakamerával 1Hz frekvenciával 20 perces időtartamban készítettünk felvételeket.

3. ábra. *A kísérleti elrendezés*

Kísérleteink során az ékszíj tárcsahoronnyal érintkező oldalfelületeit vizsgáltuk, amelyek a hajtás működéséről több információt tartalmaztak. Az ékszíj aktív felületéről készült hőkamerás felvételből képfeldolgozás után nyertünk hőmérsékleti adatokat. A **4. ábrán** látható, kijelölt területek átlaghőmérsékletét használtuk fel a kiértékeléshez.

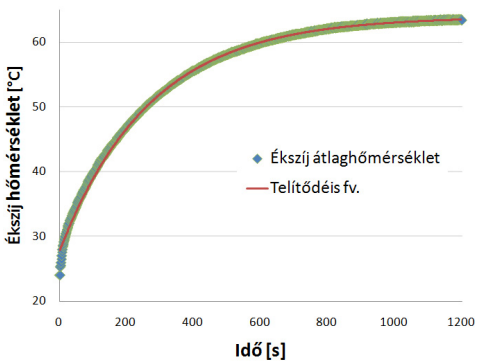
A méréseket SPA profilú ékszíjjal ($L_i = 1207mm$), $1:1$ áttétellel és $d_p = 90, 112, 132, 150, 180\,mm$ névleges átmérőjű tárcsákkal végeztük $f = 20\,s^{-1}$ szíjhajlítgatás mellett. A hajtást terhelés nélkül vizsgáltuk, így a hő fejlődésben csak az ékszíjhajtás geometriai viszonyai, valamint az anyagjellemzők játszottak szerepet.



4. ábra. *A hőkamerás felvétel, és kiértékelése*

4. A vizsgálat értékelése, eredmények

Az ékszíj melegedését a Baule-Mitscherlich-féle telítődési függvény írja le (**5. ábra**), amelyben a mért paraméterek egy csökkenő gradiens mentén változnak a telítettségi maximum felé haladva. [4]



5. ábra. *A mérési adatok és a telítődési függvén*

A telítődési függvény általános összefüggése

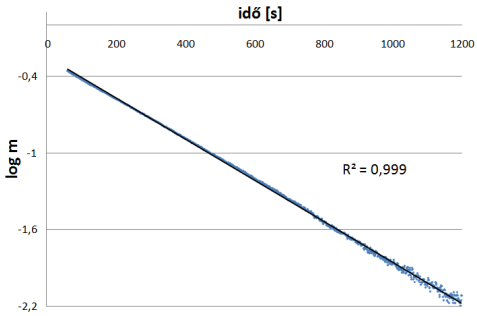
$$Y = A \cdot (1 - e^{z+c \cdot X}). \qquad (1)$$

Az egyszerűsítet forma

$$Y = A \cdot (1 - m), \qquad (2)$$

ahol az A a telítődési függvény felső határa. Az $m = e^{z+c \cdot X}$a relatív telítetlenség, azaz az Y érték távolság az A maximumtól, az A maximumra vonatkoztatva[4]:

$$m = 1 - \frac{Y}{A} = \frac{A - Y}{A}. \qquad (3)$$



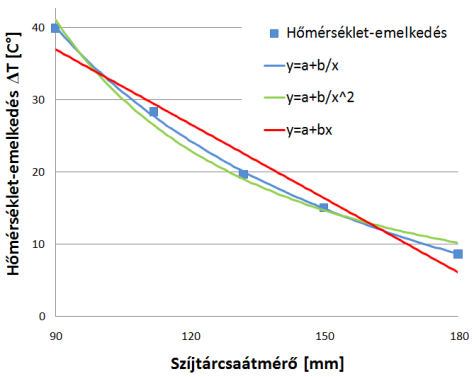
6. ábra. *logm lineáris regressziója*

A kísérleti adatok telítődési függvényre való illeszkedését a $log\ m$ lineáris regresszió igazolta (**6. ábra**) [4]. A mérésekből meghatározott függvény konstans értékeit az 1. táblázat foglalja magába a tárcsaátmérőkre vonatkozóan. A függvényparaméterek közül az A az ékszíj állandósult hőmérsékletét, c a melegedés sebességét és a z pedig a mérés kezdetén a szíj hőmérsékletét adja meg.

1. táblázat. *Telítődési függvény konstans értékei*

Tárcsa-átmérő [mm]	A [felső határ, telítettség]	c [telítődés relatív sebessége]	z [paraméter]
90	63,9	-0,00370	-0,56879
112	51,8	-0,00264	-0,81684
132	43,7	-0,00201	-1,06473
150	38,9	-0,00229	-1,26919
180	33,0	-0,00308	-1,84975

Az ékszíj hőmérsékletének változása, azaz a kiindulási és a telítődési hőmérséklet különbség segítségével vizsgálható a szíjtárcsa átmérők hatása az azonos körülmények között üzemelő szíjhajtások esetén. A 7. ábrán látható az ékszíj hőmérséklet-emelkedése a tárcsaátmérők függvényében, valamint a mérési pontokra illesztett görbék.



7. ábra. *A hőmérsékletek-emelkedés a tárcsaátmérő függvényében*

Kátai által meghatározott, két legpontosabb függvény formájában, valamint egyenes illesztéssel kerestük az ékszíj melegedését leíró görbéket a tárcsaátmérő függvényében. Az illesztések eredményének megfelelően a $y = a + b/x$ matematikai modell írja le a legpontosabban a tárcsaátmérő és az ékszíj hőmérséklet-emelkedés kapcsolatát.

2. táblázat. *A tárcsaátmérő és az ékszíj hőmérséklet-emelkedését leíró modell konstans értékei, valamint a regressziós együtthatók*

függvény	a	b	r^2
$\boldsymbol{y = a + b/x}$	-22,705	5651,13	0,9991
$\boldsymbol{y = a + b/x^2}$	-0,0478	332976,6	0,9871
$\boldsymbol{y = a + b \cdot x}$	67,897	-0,34319	0,9554

5. Összefoglalás

A kidolgozott kísérleti módszert alkalmazva hasonló eredményt kaptunk a tárcsaátmérő és az ékszíj hőmérséklet-emelkedés kapcsolatára, mint a Kátai féle szíjhajlítgatás vizsgálata. A kísérleti sorozattal tehát kiválthatók az ékszíjmelegedésével foglalkozó hajlítgatás-vizsgálatok.

A kísérlet nagy előnye, hogy a szíjhajtást valós üzemi körülmények között lehet vizsgálni, és a további szíjmelegedés kísérletekbe más faktorok is bevonhatók (pl.: ékszíj előfeszítése, szíjcsúszás, átvitt nyomaték, stb.). A módszer másik előnye, hogy a mérés során nem kell elérni a szíjhőmérséklet állandósult állapotát, mivel a kiértékelésnél a melegedést leíró függvényből meghatározott telítődési hőmérséklettel számolunk.

Az ékszíjmelegedés vizsgálataink további célja, hogy a szíjhajtások méretezését segítve olyan tervezési tényezőket, összefüggéseket határozzunk meg, amelyekkel a szíjhajtások kedvező hatásfokkal és élettartammal hozhatók létre.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Gárdonyi P., Kátai L., Szabó I.: *A hajtás beállítási hiba és az ékszíjak melegedési viszonyainak kapcsolata*, GÉP, Miskolc, 2014, 26-29.

[2] Kátai L.: *Ékszíjhajtások hajlítás hatására fellépő hőterhelésének vizsgálata*, Mezőgazdasági Technika, 2001. 2-3.

[3] Kátai L.: *Terménybetakarító gépeken alkalmazott ékszíjak élettartam növelésének egyes kérdései*, Doktori értekezés, Gödöllő, 2001, 89-93.

[4] Sváb J.: *Biometriai módszerek a kutatásban*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1973, 390-397.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 155–158. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.31
http://hdl.handle.net/10598/28656

VÁLLALATI INFORMATIKAI BIZTONSÁG SZEREPE NAPJAINKBAN

THE ROLE OF CORPORATE SECURITY TODAY

Göcs László[1], Johanyák Zsolt Csaba[2]

[1]*Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar, Informatika Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út 10. Telefon / Fax: +36-76-516-417/+36-76-516-399, gocs.laszlo@gamf.kefo.hu*

[2]*Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar, Informatika Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út 10. Telefon / Fax: +36-76-516-303/+36-76-516-399, johanyak.csaba@gamf.kefo.hu*

Abstract

In January 2015 a virus called CryptoLocker popped up in the IT systems of several Hungarian companies. This virus spreads mostly through e-mail attachments and encrypts documents on the infected machines making them inaccessible for their right owners. Thus it represents a serious security risk for enterprise information systems with inadequate protection. Many companies have suffered serious damage owing to the inaccessible or corrupted data as a result of a CryptoLocker attack. Establishing a proper defense strategy plays a key role in preventing such attacks.

In this paper, we are going to show how an attack of this kind can be fended off and prevented. Defense procedures being able to ensure the integrity and availability of data are also going to be discussed. HIDS (Host -based Intrusion Detection System) plays an important role in the proposed solution. Besides, a key security policy should also be the prohibition of the use of external or public mail servers by the help of proper firewall configuration.

Keywords: *data security, enterprise security, e-mail, encrypted document, virus attack.*

Összefoglalás

2015. januárjában Magyarországon, több helyen is felbukkant egy többnyire elektronikus levelezéssel terjedő CryptoLocker nevű vírus, amely komoly vállalatbiztonsági kockázatot jelenthet a nem megfelelő védelemmel ellátott informatikai rendszerek számára. A támadás megtörténte után a vírus által titkosított dokumentumok hozzáférhetetlenné válnak. A támadás eredményeképpen több cégnél is sérült az információk hozzáférhetősége. Az ilyen jellegű támadások megelőzésében fontos szerepe van megfelelő védelmi stratégia kialakításának.

Cikkünkben bemutatjuk, hogy egy ilyen támadást hogyan lehet kivédeni, meggátolni, valamint milyen védelmi megoldásokat kell kialakítani az informatikai rendszerben ahhoz, hogy az adatok sértetlenek maradjanak, és a rendelkezésre állásuk biztosítva legyen. Az ajánlott megoldásban fontos szerepet játszik a hoszt alapú illetéktelen hálózati behatolást jelző rendszer, a HIDS (Host-based Intrusion Detection System) alkalmazása. Emellett egy másik fontos biztonsági eszköz lehet egy vállalat életében a külső elektronikus levelező kiszolgálók elérésének tiltása a tűzfal segítségével.

Kulcsszavak: *adatbiztonság, vállalat biztonság, elektronikus levelezés, titkosított dokumentum, vírus támadás.*

1. Bevezetés

Napjainkban a vállalati életben fontos szerepet játszik az adatbiztonság és az adatvédelem. Az információk, a személyes és céges adatok jelentős része az informatikai infrastruktúrában van jelen. Ezen adatok védelme érdekében meg kell határoznunk a kockázat mértékét, a védelmi stratégiát, és annak megvalósítási lehetőségeit. Mivel erőforrásaink általában korlátosak, ezért a védelemre fordított erőfeszítés arányos kell legyen a kockázattal. Az informatikai biztonságot úgy határozhatjuk meg, hogy az az állapot, amikor az informatikai rendszer védelme - a rendszer által kezelt adatok bizalmassága, hitelessége, sértetlensége, rendelkezésre állása, és funkcionalitása szempontjából zárt, teljes körű, folyamatos és a kockázatokkal arányos [1].

2. Vállalati informatikai biztonság

A biztonság megteremtésének fontos lépése a vállalat biztonsági osztályba sorolása. Ennek során figyelembe veszik a vállalat felépítését, tevékenységét, és működését.
Minden biztonsági osztálynál külön követelményrendszernek (hardver, szoftver, adattárolás, stb.) kell megfeleljen a cég.
A vállalatoknál a támadások és védelem érdekében kockázatelemzést is kell készíteni.
A hatékony kockázatkezelési folyamatok alkalmazásától függ egy szervezet azon képessége, hogy meg tudja oldani a kritikus infrastruktúrájával, költség-hatékony biztonságával és az üzemelés folyamatosságával kapcsolatban felmerülő aktuális problémáit [2].

3. CryptoLocker támadás

2015. januárjában Magyarországon, több helyen is felbukkant egy többnyire elektronikus levelezéssel terjedő CryptoLocker nevű vírus, amely komoly vállalatbiztonsági kockázatot jelenthet a nem megfelelő védelemmel ellátott informatikai rendszerek számára.
A vírus támadási módszere, hogy elsősorban ingyenes email rendszereken lévő postafiókokra küld levelet, melynek mellékletet tartalmaznak. A melléklet megnyitása után a vírus támadásba lendül, és az adott gépen lévő dokumentumok (szöveges állományok, táblázatok, képfájlok) titkosításra kerülnek, majd egy képfájlban közli a felhasználóval, hogy ellenszolgáltatás fejében a visszafejtéshez szükséges kulcsot megkaphatja.

4. Védelem kialakítása

A hatékony védelem kialakításához a következő alfejezetekben ismertetésre kerülő négy tényezőre kell összpontosítanunk.

4.1 Emberi tényező

Az informatikai jellegű meghibásodások, károk oka majdnem 60%-ban valamilyen emberi mulasztás következménye. Gyakori veszélyforrás az emberi hanyagság, a munkatársak figyelmetlensége.
Az informatikai biztonságpolitika alapján ki kell dolgozni az egységes szerkezetbe foglalt, az egész intézményre érvényes és a többi szabályzattal összhangban álló Informatikai Biztonsági Szabályzatot (IBSZ).
Az IBSz egy olyan belső szervezeti intézkedés-együttes, amely a szervezeten belül működtetett informatikai rendszerekre vonatkozóan szabályozza a biztonsági intézkedéseket, szervesen illeszkedve a hatályos jogszabályokhoz és a szervezet egyéb működési és ügyrendi előírásaihoz [3].

4.2. Tűzfal

A vállalatoknál a hálózati eszközök segítségével súlyos támadásokat tudunk korlátozni, meggátolni. Példaként említhetjük a nyilvános levelező szerverekhez való hozzáférés szabályzását egy proxy szerver segítségével. Ilyen megoldás lehet egy Linux alapú Squid Proxy, ahol tartalomszűréssel megadhatjuk egy ACL (Access Control List) listában a tiltandó domain neveket,

esetünkben a nyilvános levelező rendszerek címét, vagy akár reguláris kifejezések alapján is szűrhetünk. Így a felhasználók számára elérhetetlenné válik az érintett nyilvános levelezőrendszer.

4.3 Email védelem

Egy olyan vállalat életében, ahol számos felhasználói elektronikus postafiók van használatban, elengedhetetlen a saját levelező rendszer működtetése. Itt kapcsolódhat be akár az IBSZ-be foglalt szabályozás is, miszerint semmilyen külső postafiók nem engedélyezett a vállalaton belül, csakis kizárólag a saját levelező rendszer használata lehetséges. Az ilyen rendszerekben lehetőség nyílik komoly szűrési feltételek meghatározására is. Ezek szerint vizsgálhatjuk a bejövő és kimenő levelek tartalmát, mellékleteit. Például a CryptoLocker támadást ki lehet szűrni, ha a rendszerünk vizsgálja a mellékletek kiterjesztését és tartalmát.

1. ábra *Elektronikus levelezés vizsgálata*

4.4 Adatmentés

A CryptoLocker által végrehajtott titkosítás visszafejtése gyakorlatilag lehetetlen, így a már megtámadott fájlok használhatatlanná válnak. Amennyiben a támadás már megtörtént, kizárólag a biztonsági mentés megléte segíthet az adatok helyreállításában. A biztonsági mentésnek több változata létezik, így időszakos (napi, heti, havi), teljes, különbségi, növekményes.

A biztonsági mentés hasznossága függ az adatok használatának a gyakoriságától is. A támadás bekövetkezése után az adatmentésből egy korábbi állapotra tudjuk visszahozni a konkrét fájlokat. Abban az esetben, ha napi mentés történik, akkor a támadást megelőző napi állapot állítható helyre.

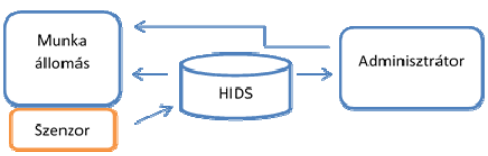
4.5 IDS rendszer alkalmazása

A behatolás-érzékelő rendszerek a hálózat illetve a számítógépes erőforrásokon olyan speciális események, nyomok után kutatnak, amelyek rosszindulatú tevékenységek, támadások jelei lehetnek. Ezeket más néven behatolás-észlelésnek is nevezzük, angol nevén Intrusion Detection System (IDS).

A tűzfallal összevetve elmondható, hogy míg a tűzfal feltétel nélkül blokkolja a szükségtelen és engedélyezi a biztonságosnak vélt forgalomtípusokat, de nem (feltétlen) riaszt, addig az IDS feladata a támadásnyomok észlelése, a riasztás és az esetleg ellenlépések megtétele [4].

4.5.1. HIDS

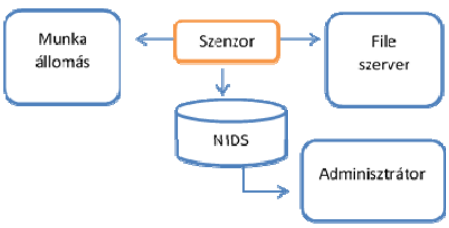
A hoszt alapú (Host Intrusion Detection System – HIDS) behatolás érzékelő rendszerek egy önálló rendszer tevékenységének a figyelésére szolgálnak. Ilyen lehet egy levelezőszerver, vagy munkaállomás. A HIDS lényege, hogy csak azzal a hoszt-tal foglakozik, amire feltelepítették, tehát nincs kapcsolata a környezettel. A HIDS szenzorjai összegyűjtik az analizálandó adatokat, majd továbbítják azokat az elemző motorhoz, ami eldönti, hogy a tevékenység engedélyezett-e vagy tiltott. Képesek megfigyelni a támadás eredményét, a futó processzek és tevékenységek elemzésével. Ha a rendszert egy támadás, veszély fenyegeti, akkor a HIDS értesítést küld, valamint az adatok sértetlenségének a megtartása érdekében megteszi az előre definiált ellenintézkedéseket [5].



2. ábra *HIDS alkalmazása*

4.5.2. NIDS

A hálózat alapú IDS (Network Intrusion Detection System – NIDS), mely a hálózati kommunikációt felügyeli, fontos szerepet játszik a vállalat kommunikációs vizsgálatában. Az ilyen behatolás érzékelő rendszerekkel detektálható a hálózati meghajtók elleni támadás, ugyanis a fájlok titkosításához komoly algoritmus párosul, ami nagyban terhelheti a hálózati kommunikációt, így megfelelő szenzor konfigurálásával kiszűrhető és leállítható a támadási folyamat, ugyanis egy központi fájlszerver mindig nagyobb védelmet kell kapjon, mivel azon több felhasználói adat, információ, védendő érték van.



3. ábra *NIDS alkalmazása*

5. Következtetések

Egy vállalat életében az adatok sértetlenségének biztosítása érdekében több tényezőt kell figyelembe venni. Egyik ilyen a kommunikáció, és azon belül is az elektronikus levelezés, amin keresztül történő támadás komoly károkat okozhat. Hiszen az elektronikus levelezéssel tart kapcsolatot egy vállalat a külvilággal, és egy informatikai rendszert elsősorban a külvilágtól kell megvédenünk. A cikkben szereplő lehetőségek figyelembevételével és alkalmazásával biztosítani tudjuk a védelmet egy esetleges e-mailen terjedő vírustámadással szemben, vagy megvalósíthatjuk a helyreállítást a már bekövetkezett káresemény után. Ezek a felsorolt védekezési módszerek nem csak kifejezetten erre a támadásra adnak védelmet, hanem más jellegű károkozó programok kiszűrésére is alkalmasak, ugyanis egy károkozó működését a helyi gépen vagy akár a hálózaton is tudjuk érzékelni, erre vannak az IDS rendszerek. Az adatok védelme érdekében a központi fájltárolás elengedhetetlen, hiszen egy helyi gépen mindig nagyobb a kockázat. A fájlszerveren is történhet károkozás, de ha megfelelő mechanizmussal automatizált adatmentés zajlik, az adatok megőrzése biztosított. Bármenynyire is sikerül biztonságossá tenni technikai szempontból informatikai rendszerünket, gyakran az emberi tényező jelenti a legnagyobb kockázatot. Ezt a kockázatot jól megfogalmazott szabályzattal (IBSZ) és a dolgozók képzésével tudjuk leghatékonyabban csökkenteni és kiküszöbölni.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Muha Lajos – Krasznay Csaba: *Az elektronikus információs rendszerek biztonságának menedzselése*, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014, 6.

[2] *Útmutató az IT biztonsági szintek meghatározásához*, HunGuard Kft., MEH, 2008. 11.

[3] Miniszterelnöki Hivatal Informatikai Koordinációs Iroda, Informatikai Tárcaközi Bizottság ajánlásai - *Informatikai rendszerek biztonsági követelményei 12.sz ajánlás*, Budapest 1996, 96.

[4] MTA SZTAKI – *Az informatikai hálózati infrastruktúra biztonsági kockázatai és kontrolljai,* Budapest 2004, 215-216. oldal.

[5] Symantec Corporation – *Symantec Host Intrusion Detection System,* 2002, 2.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 159–162. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.32
http://hdl.handle.net/10598/28615

TELEMANIPULÁCIÓS ROBOTKAR MEGTERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

DESIGNING AND IMPLEMENTATION OF A TELEMANIPULATION'S ROBOT ARM

Herczeg Zoltán[1], Nagy István[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Budapest, Népszínház u. 8., herczeg.zoltan92@gmail.com*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Budapest, Népszínház u. 8., nagy.istvan@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

In this paper a telemanipulation system will be presented from designing to implementation. To realize this project we needed a generally mercenary, Owi 535 manipulator with 5 DOF (Degrees of Freedom). The system is realizing the classical master-slave configuration, where the master device is the operator's hand equipped with several accelerometers and a micro-switch, and the slave device is the above mentioned manipulator. The point of this development is, that the operator with moving of his hand will control the moving of the slave manipulator. The communication between the master and slave devices is actually realized by electrical wires, but in the near future this will be replaced with Blue-tooth communication. At the end of presentation the operation of the robot arm will be demonstrated.

Keywords: telemanipulation, robot manipulator, master-slave configuration, accelerometer.

Összefoglalás

A dolgozat egy saját tervezésű telemanipulációs rendszer kialakítását és kivitelezését ismerteti. A megvalósításhoz szükség van egy üzletben megvásárolható robotkarra, ami jelen esetben egy Owi 535, 5 szabadságfokú manipulátor. A rendszer konfigurációja egy klasszikus Mester-Szolga kapcsolatot megvalósító struktúra, ahol a Mester szerepét az operátor kézfeje alakítja a rászerelt gyorsulásmérőkkel és mikro-kapcsoló segítségével. A fejlesztés lényege, hogy az operátor a kézfej mozgatásával irányítja a Szolga berendezést, ami nem más, mint a fentiekben említett manipulátor. Jelen verzióban a mester és szolga készülékek közti kommunikáció vezetékeken történik, de a közeljövőben rádiófrekvenciás megoldással lesz megvalósítva. Az előadás végén a rendszer működése is bemutatásra kerül.

Kulcsszavak: telemanipuláció, robot manipulátor, mester-szolga kapcsolat, gyorsulásmérő.

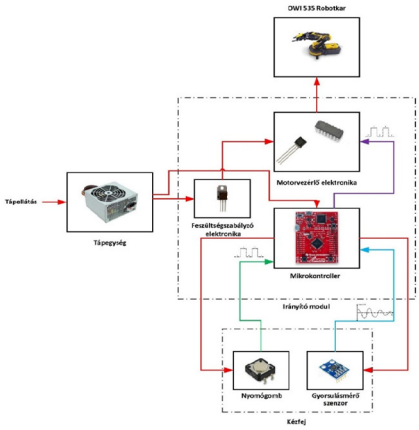
1. Bevezetés

Sokakban merülhet fel az a kérdés, hogy mi is az a telemanipuláció? Képzeljük, el mikor az operátornak el kell végeznie egy feladatot, amely veszélyes, esetleg ember számára megközelíthetetlen környezetben van, ahol az ember nem lehet jelen. A telemanipulátor használatával az operátor képes távoli munkavégzésre, ami által a hatásköre nagymértékben bővül, ezt a bővítést Mester-Szolga (Master–Slave) eszközök kialakításával valósítják meg. Ezt valósítja meg a kifejlesztett rendszer is, amely két szoros kötelékű műveletvégzésre, folyamatra bontható. Az egyik a Mester és az operátor együttműködése, a másik Szolga azaz a robot manipulátora és az ott jelenlévő környezet viszonya.

2. Tervezés és felépítés

A projektben, a telemanipuláció egy lehetséges megvalósítása kerül bemutatásra egy öttengelyes OWI 535 robotkar működtetése közben [1]. Két-két gyorsulásmérő érzékeli a Mester oldalt, melyek az operátor jobb és a bal kézfejére vannak rögzítve. Ezzel négy tengelyt lehet mozgatni, továbbá a tenyérben nyomógombok vannak, amely a robot manipulátorát képesek nyitni illetve zárni. Az analóg kimenetű gyorsulásmérők jelei a kézfej döntésének függvényében változnak, és az irányító modulon keresztül kerülnek a mikrokontrollerbe. Ezek után az analóg jel ottani feldolgozása következik, amely a jel függvényében, megfelelő digitális kimenetet hoz létre, és továbbítja a motorvezérlő csatlakozóira. Ennek hatására a kiépített motorvezérlő-elektronika megfelelő feszültséget kapcsol a robot motorjaira, amivel megkezdődik a robot vezérlése, vagyis létrejön a Mester-Szolga kapcsolat. Mester oldalon az emberi kézmozdulatokkal működtetett gyorsulásmérők, míg a Szolga oldalon a távoli környezetben elhelyezett manipulátor található.

2.1. A készülék konstrukciója

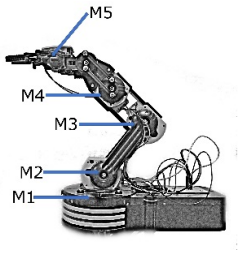


1. ábra. *A project blokkvázlata; forrás: szerző által készített ábra*

A blokkvázlatban a tápellátás piros, a StellarPad mikrokontroller által kiadott digitális jel lila, a bemenő jelek közül a gomb által generált HIGH/LOW feszültségszintből adódó digitális jel zöld, a gyorsulásérzékelő kimeneti analóg jele pedig kék színnel van jelölve. A tápegységen, robotkaron és a kézfejen lévő gombokon, valamint szenzorokon kívül valamennyi alkotóelem egy fémdobozban helyezkedik el, az ábrán irányító modulként van megnevezve. Az irányítómodul az egésznek a központja, ahol a ki- és bemeneti jelek kerülnek feldolgozásra, kiértékelésre, továbbá a vezérlő jel generálásáért felelős. Ennek elektronikája teljes egészében saját tervezés és kivitelezés.

A mikrokontroller fő feladata, hogy a beérkező analóg jelek függvényében, valamint a gombok digitális jeleiből, megfelelő, vezérlő (digitális) kimenetet hozzon létre. A csatlakozást tekintve soros portos kommunikáció van a kézfej és az irányító modul között. A robot és a modul között viszont VGA kábel csatlakozás található.

2.2. OWI 535 Robotkar



2. ábra. *OWI 535 robotkar; forrás: szerző által készített ábra*

Öt motorral és öt ízülettel (csukló) rendelkező robotkar, ahol a tengelyek hajtóműve fogaskerekes áttétellel van kialakítva, amely biztosítja a hosszú élettartamot, valamint szerepet játszik abban, hogy ne sérüljön meg a robotkar, ha a robot megközelíti a maximálisan megengedett szélsőértéket.

2.3. StellarPad Tiva C Series TM4C123GH6PMI mikrokontroller

A StellarPad népszerű azok körében, akik hobbi szinten foglalkoznak mikrokontrollerekkel és azok fejlesztői környezetével, mivel használata roppant egyszerű. Az interneten rengeteg forrás található angol és magyar nyelven egyaránt. A mikrokontroller vagy mikro-vezérlő egy lapkára integrált, többnyire vezérlési folyamatokra kialakított mikroszámítógép. A forrásigénye alacsony, így költséghatékonyan és gond nélkül kezel egyszerűbb, kis számítást igénylő feladatokat [2].

2.4. ADXL335 gyorsulásérzékelő szenzor

Kicsi, alacsony energiafogyasztású (320µA) 3-tengelyes gyorsulásmérő. Tökéletes választás mikrokontrollerekhez, mivel rendelkezik egy 3,3V-os szabályzóval, ezáltal a mikrokontroller 5V-os kimenetéről is táplálhatjuk. Jelenleg a legújabb és legjobb analóg gyorsulásmérő eszköz, kiváló példája a MEMS-nek (mikro-elektromechanikai rendszerek, melyek méretei 20µm-1mm közé esnek), rendkívül alacsony zajszinttel [3]. A földhöz képest méri a helyzetét, azaz a sebesség változását. Analóg kimenettel rendelkezik, ezáltal (x, y, z) kezelése roppant egyszerű, csupán a mikrokontroller, analóg jel fogadására alkalmas csatlakozósorára kell csatlakoztatni, majd a megfelelő programot létrehozni.

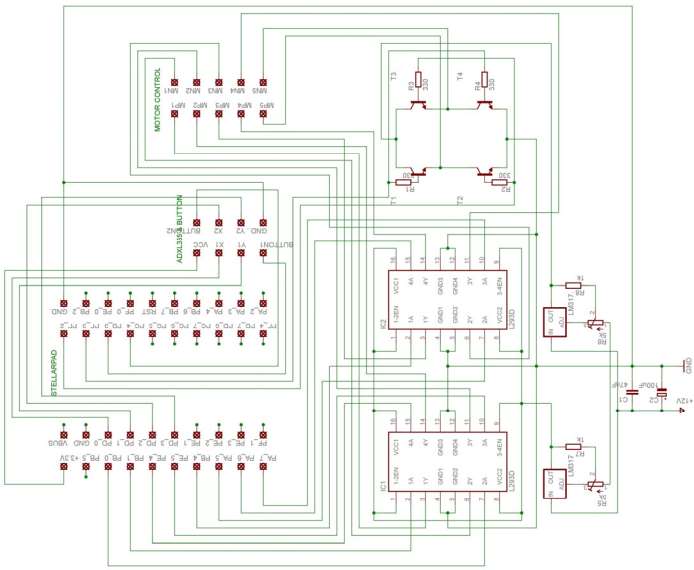
2.5. A gyorsulásmérő jelének feldolgozása

A gyorsulásmérő által generált analóg jeleket (x_1,y_1,z_1; x_2,y_2,z_2; ...), a mikrokontroller beolvassa, amely tengelyenként 1609 és 2442 közötti számként jelenik meg az A/D átalakítás után. A programban ezen adatok feldolgozására különféle elágazások készültek, annak megfelelően, hogy mely bemeneti értékek között mit is csináljon a rendszer. A gyorsulásmérőnek 3 különféle állapotot kell létrehoznia a robotkaron. Ezek a pozitív (+), illetve negatív (–) irányba való forgatások, illetve a vízszintes/függőleges „semleges” pozíciók tartása.

2.6. Saját tervezésű motorvezérlő elektronika

Tervezéskor sok mindent figyelembe kell venni, a robotkar motorjainak az áramfelvételétől egészen a költséghatékonyságig. Az elektronikai kapcsolás két motorvezérlést alkalmaz, L293D IC–kel vannak vezérelve az M_1, M_2, M_3, M_4 tengelyek motorjai, ahol a sebességbeli finomhangolást egy potenciométerrel (amely a tápfeszültségüket szabályozza) finomíthatjuk. Továbbá megtalálható a tranzisztoros H-hídkapcsolással kialakított motorvezérlő egység is, melynek a kimeneti feszültségét másik potenciométerrel lehet szabályozni,

amely vezérli az M_5 manipulátort. Különböző motorvezérlőkre azért van szükség, mert mind a főtengelyeknek és a manipulátornak más-más sebességgel kell működniük. L293D motorvezérlő IC egyszerre két motort képes vezérelni, ha MP_1-re 1-et az MN_1-re 0-át kapcsol, elindul, majd a jelek értékének felcserélése után az M_1 motorunk forgásiránya megváltozik, szimmetrikussága miatt ugyanez vonatkozik az M_2-es motor vezérlésére. H-híd kapcsolás esetén MP_5-re adunk 1-et és az MN_5-re 0-át, akkor Q_1 és Q_4-es tranzisztorokon keresztül táplálja a megfogót, MP_5 vezérlése esetén a Q_2 és Q_3-as tranzisztorok nyitnak ki és rajtuk keresztül folyik a táplálás.



3. ábra. *A robotvezérlő elektronikai kapcsolási rajza; forrás: szerző által készített ábra*

3. Célkitűzés összegzése

Összegzésképpen elmondható, azon elképzelés, hogy egy telemanipulációval működő rendszer teljes mértékben kivitelezésre kerüljön, sikerült. A kivitelezett rendszert, lehetne használni a telemanipuláció bemutatására, szemléltetésre, oktatásban vagy egyéb területen. A további fejlesztési irányok a kábelkapcsolatok rádiófrekvenciás kommunikációval való helyettesítése, illetve kooperáció kiépítése két „kézzel irányított” robotkar között.

Köszönetnyilvánítás

A cikk és előadás a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 „Járműipari felsőoktatási és kutatási együttműködés” projekt kutatási eredményeinek felhasználásával és az „OTKA 105846” számú project segítségével készült. „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Szakirodalmi hivatkozások

[1] *OWI 535*, Használati útmutató,
[2] *StellarPad Tiva C Series TM4C123GH6PMI*, Data Sheet,
[3] *ADXL335*, Data Sheet,

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 163–166. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.33
http://hdl.handle.net/10598/28616

MIKROALGA TECHNOLÓGIA ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK LEHETŐSÉGEI

UTILISATION POSSIBILITIES OF MICROALGA TECHNOLOGY

Hodai Zoltán[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Hanák László[4], Bocsi Róbert[5]

[1,2,3,4,5]Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-132, Fax: +36(88)642-446, H-8201 Veszprém, Pf. 158.

[1]hodaiz@almos.uni-pannon.hu

[2]pethod@almos.uni-pannon.hu

[3]horvathg@almos.uni-pannon.hu

[4]hanakl@almos.uni-pannon.hu

[5]bocsirobert@almos.uni-pannon.hu

Abstract

A new technology in Hungary is presented by the author wich is able to reduce the emission of industrial pollutants. This technology is referred to as algae technology in the literature. Because of the high operational costs and long operational times, the critical point of this technology is the processing. For the preparation of algae suspensions photo-bioreactors where designed and built. The quick and economical separation of the algae mass from the nutrient solution, were investigated by taking environmental protection and economic aspects into consideration. Experiments were also conducted in order to enhance the stability and the storage life of the concentrated biomass.

***Keywords**: algae technology, carbon dioxide absorption, photobioreactor, separation, utilisation.*

Összefoglalás

A szerző a dolgozatban az ipari szennyezőanyagok kibocsátását csökkentő, Magyarországon új megoldást, technológiát mutat be, amelyet a szakirodalom algatechnológiának nevez. A technológia kritikus pontját a feldolgozási műveletek jelentik, a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt. Az alga szuszpenziók előállításához foto-bioreaktorokat tervezett és épített meg. Vizsgálta az algatömeg gyors és gazdaságos szeparálását a tápoldattól, a környezetvédelmi és gazdasági szempontok figyelembevételével. Kísérleteket végzett a besűrített biomassza stabilitásának, tárolhatóságának növelésére.

***Kulcsszavak:** algatechnológia, széndioxid elnyeletés, foto-bioreaktor, szeparáció, felhasználás*

1. Bevezetés

Egyre nagyobb figyelmet kapnak az olyan technológiák, melyek a kibocsátott szennyezőanyagokat számunkra hasznos anyagokká alakítják át, így csökkentve a kibocsátás mennyiségét [1-4].

Energiatermelés szempontjából is a fotoszintetizáló mikroszkopikus élőlények (mikroalgák) jönnek elsősorban számításba, mert viszonylag gyorsan, nagy tömegben termeszthetők, termőtalaj igénye nélkül. A folyamat végterméke, amit biomasszának hívunk, jelentős mennyiségű, kémiai kötésekben raktározott napenergiát tartalmaz [5-7]. A technológia kritikus pontját a feldolgozási műveletek jelentik, a mikroalgaszuszpenzió besűrítése és az ezt követő kulcskomponens(ek) extrakciója - és egyéb kinyerési technikák értékes komponensekre - a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt [8, 9].

2. Algatechnológia felhasználásának lehetőségei

2.1. A jövő építészete

Az algatechnológiának egy speciális, futurisztikus lehetősége az épületgépészeti hasznosítása. A Pompidou Centre, a Sydney Operaház és a pekingi olimpia egyes stadionjainak terveiért felelős Arup tervezőiroda belső kutatóközpontjának elképzelései szerint a jövő felhőkarcolóit algák látják majd el energiával, az épület pedig alkalmazkodik a felhasználókhoz. Josef Hargrave, az Arup „It's Alive" című tanulmányának szerzője szerint az ilyen típusú épületek alkalmazkodni képes organizmusokká válnak, amelyek élelmet is adnak, sőt, a víz és a levegő tisztításából is kiveszik részüket. A Hargrave által 2050-re elképzelt sokemeletes házak színe az UV-sugárzás mértékétől függően változik [10], köszönhetően a beépített algatechnológiának.

2.2. Emberi táplálék

A *Spirulina* egyike a legjobb minőségű, nem állati eredetű fehérjeforrásoknak, mely a Föld élelmezésének jelentős részét képezhetné. Ma az algákat a világ legnagyobb élelmiszer tartalékaként tartják számon a tápanyagsűrűségük miatt. Két fajtájuk áll különösen érdeklődés középpontjában: a *Spirulina* és a *Chlorella*. A mikroalgák színanyagai akár ételek természetes színezékeként is felhasználhatóak, akár funkcionális élelmiszerek létrehozásában is [11].

2.3. Kozmetikai ipar

Az algákat hosszú ideje alkalmazzák kozmetikai készítményekben illetve szájon át kozmetikai célokra is, mivel koncentráltan tartalmazhatnak különféle bioaktív anyagokat. A *Spirulinából* készült termékekben a karotinoid vegyületek és más színanyagok, illetve az E-vitamin antioxidáns, oxidatív stresszt kivédő hatását használják fel.

2.4. Mezőgazdasági hasznosítás

Az algákat biotrágyaként és talajkondicionálóként egyaránt alkalmazzák, de az utóbbi időben növekszik az érdeklődés antimikrobiális- és a növényi növekedést szabályozó, úgynevezett *PGR*-anyagaik iránt is. Számos hasznos tulajdonságukkal és kedvező hatásukkal befolyásolják a növény-talajrendszereket. Az algák olyan speciális anyagokat tartalmaznak, amelyeknek igen nagy a kereskedelmi értéke. Ilyenek például a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak (eikozapentaén-sav: *EPA*, dokozahexaén-sav: *DHA*) és a karotinok [12]. Az alga használható a termés minőségének, hozamának javítására, másodsorban pedig növényvédelmi célra. Az algák által termelt anyagok úgynevezett elicitorként hatnak, tehát magában a növényben váltanak ki olyan élettani folyamatokat, amelyek következtében kevésbé lesz fogékony a betegségekre. A másik módja, hogy az alga közvetlenül hat a gombára,

gátolja a szaporodását vagy elpusztítja, és így védi meg a növényt. Az alga tehát növényi tápanyag, növényvédő szer és talajjavító is [13].

2.5. Biopolimer-ipar

Az algák számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetően, jól alkalmazhatóak a biopolimer-ipari alapanyagaként is. Az algákból készült biopolimerek gyártása a bioüzemanyagok gyártása során fejlődött ki, mint kísérő iparág. Bár napjainkban ez a megoldás még gyerekcipőben jár, a jövőben az üzemi előállítás megvalósulásával az alga-alapú biopolimerek széles körű alkalmazása várható [14].

2.6. Bioenergetika

Új irány az ipari, energetikai szektorban történő felhasználás. Az elmúlt években a fosszilis energiahordozók egyre költségesebb kitermelhetősége miatt folyamatosan nő az alternatív üzemanyagok igénye. A biodízel az olajnövényeken kívül jó hatásfokkal állítható elő nagy lipidtartalmú mikroalgákból is. Biodízel keverőkomponensként használva az algából kinyert lipideket, és a káros anyag kibocsátását összevetve a biodízel emissziós értékeivel, pozitív mérleget mutatott [15]. Az algatechnológia ilyen irányú felhasználhatósága nagyban függ a kőolaj árak, és az üzemanyag árak jövőbeni alakulásától [16].

3. Algatechnológiai termesztőrendszerek

A MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. Dunai Finomítójának területén félüzemi méretben megterveztünk és megépítettünk egy zárt termesztő rendszert (~0,2 m^3/reaktoregység). A fent említett finomítói környezetben egy nyílt, mobilis termesztőreaktort is kiépítettünk (~0,4 m^3/reaktor), amelyet magas termelékenység, jó fotoszintetikus hatásfok (4-6 %), jó beadagolt CO_2 hasznosulás (10-35 %) és magas termék koncentráció (c_{Alga} = 1-2 kg/m^3) jellemez. Az utóbb installált foto-bioreaktor kialakítása révén (szabályzó és adatgyűjtő rendszerrel felszerelt, áttetsző plexi kialakítású) lehetőséget nyújt szabadtéri-nyílt termesztő tavak működésének megfigyelésére, modellezésére és így az optimális működési paramétereinek és méretének meghatározására. A szóban forgó rendszerek jó alapokat biztosítanak egy nagy biomassza kapacitású és alacsony beruházási valamint üzemeltetési költségigényű termesztő rendszer kialakításához. Az így megtermelt biomassza szuszpenzió szeparációjára, gazdaságos, jól alkalmazható szeparációs műveletet fejlesztettünk ki [17].

4. Következtetések

Szakirodalmak alapján a mikroalga alapú biodízel mindaddig nem versenyképes a kőolaj alapú üzemanyagokkal szemben, amíg a technológia kihozatala nincs az energiaminimalizálással párhuzamosan maximálva. A technológia csak úgy életképes, ha figyelembe vesszük a szennyvíztisztítást, a füstgáz tisztítása mellett és a megtermelt mikroalgából egyéb értékes termékek értékét is [4,18].

A megépített rendszereink jó alapokat biztosítanak egy nagy biomassza kapacitású és alacsony beruházási, valamint üzemeltetési költségigényű termesztő rendszer kialakításához. A jelenlegi olajárakkal az algák azonban nem versenyezhetnek, energetikai felhasználásuk nem rentábilis, így egyéb tulajdonságaik miatt további hasznosítási területeket (biopolimer ipar, szennyvíztisztítás, mezőgazdaság, kozmetikai ipar, étrend kiegészítők, stb.), cégeket lehet érdemes megcélozni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] David Dah-Wei Tsai, Rameshprabu Ramaraj, Paris Honglay Chen: *Growth condition study of algae function in ecosystem for CO_2 bio-fixation*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2012, 27-34.

[2] G. Venkata Subhash, Rashmi Chandra, S. Venkata Mohan: *Microalgae mediated bio-electrocatalytic fuel cell facilitates bioelectricity generation through oxygenic photomixotrophic mechanism*, Bioresource Technology, 2013, 644-653.

[3] Raphael Slade, Ausilio Bauen: *Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects*, Biomass and Bioenergy, 2013, 29-38

[4] Melissa Rickman, John Pellegrino, Jason Hock, Stephanie Shaw, Brice Freeman: *Life-cycle and techno-economic analysis of utility-connected algae systems*, Algal Research, 2013, 59-65.

[5] A. Ruiz-Martinez, N. Martin Garcia, I. Romero, A. Seco, J. Ferrer: *Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent*, Bioresource Technology, 2012, 247-253.

[6] Sunja Cho, Nakyeong Lee, Seonghwan Park, Jaecheul Yu, Thanh Thao Luong, You-Kwan Oh, Taeho Lee: *Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources*, Bioresource Technology, 2013, 515-520.

[7] David Dah-Wei Tsai, Rameshprabu Ramaraj, Paris Honglay Chen: *Growth condition study of algae function in ecosystem for CO_2 bio-fixation*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2012, 27-34.

[8] Truc Linh Nguyen, D.J. Lee, J.S. Chang, J.C. Liu: *Effects of ozone and peroxone on algal separation via dispersed air flotation*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2013, 246-250.

[9] Ryan Davis, Andy Aden, Philip T. Pienkos: *Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production*, Applied Energy, 2011, 3524-3531.

[10] Report describes the future of buildings in 2050, Arup launches 'It's Alive' - a new report that describes how buildings in our cities could look and function in 2050, 04 Feb 2013.

[11] MDOSZ-Táplálkozási Akadémia hírlevél III. évfolyam 8. szám, 2010.

[12] Sweetman E.: *Microalgae: its applications and potential*. International Aqua Feed. Perendale Publishers Ltd. UK., 2009.

[13] http://m.innoteka.hu/cikk/algak_a_novenytermesztesben.100.html, letöltve: 2013.

[14] oilgae.com, letöltve 2013.

[15] Anita Kirrolia, Narsi R. Bishnoi, Rajesh Singh: *Microalgae as a boon for sustainable energy production and its future research & development aspects*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 642-656

[16] Gustavo B. Leite, Ahmed E.M. Abdelaziz, Patrick C. Hallenbeck: *Algal biofuels: Challenges and opportunities*, Bioresource Technology, 2013, 134-141.

[17] Zoltan Hodai, Dora Rippel-Petho, Geza Horvath, Laszlo Hanak, Robert Bocsi: *New bio-flocculatious effect and its examination*, World Journal of Engineering and Technology, 2014, 116-123.

[18] Mark T. Holtzapple, Frank E. Little, William M. Moses, C.O. Patterson: *Analysis of an algae-based celss: Part 2: Options and weight analysis*, Acta Astronautica, 1989, 365-375.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 167–170. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.34
http://hdl.handle.net/10598/28617

ERŐTANI VIZSGÁLATOK ACÉL SIMÍTÓ ESZTERGÁLÁSÁNÁL

INVESTIGATION OF CUTTING FORCES ON STRUCTURAL STEEL IN CASE OF FINE TURNING

Horváth Richárd[1], Lukács Judit[2]

[1,2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar, H-1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8.; horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu; lukacs.judit@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

The knowledge of cutting forces is very important, because they have a significant influence on load of machines as well as on deformation of workpieces. In turning operations the generated forces depend on material and cutting conditions, moreover on tool geometry, which defines the cross-section of chip (width and thickness). In this paper the technological specialities of fine turning were taken into consideration by using special parameters of chip cross-section. Investigations of force were made on C45 structural steel and new force model was generated, which can be applied in technological process planning to estimate the cutting forces in case of fine turning.

Keywords: *fine turning, cutting force model, specific cutting force.*

Összefoglalás

A forgácsoláskor fellépő erőhatások ismerete nagy jelentőséggel bír. A forgácsolási erő befolyással lehet a szerszámgép terhelésére, valamint a munkadarab deformálódására. Az esztergáláskor fellépő erőhatások az anyagjellemzőkön és forgácsolási adatokon kívül erősen függenek a forgács alakját (vastagság és szélesség) meghatározó szerszám élgeometriájától. A dolgozat a finomesztergálás technológiáját jellemző forgácsjellemzőket vezet be. C45-ös acélon erőtani vizsgálatokat végez, majd olyan új erő modellt hoz létre, amellyel a technológiai előtervezés során a várható erőhatások finomesztergálásnál jó közelítéssel becsülhetőek.

Kulcsszavak: *finomesztergálás, erőmodell, fajlagos forgácsolóerő.*

1. Bevezetés

A forgácsolóerő értékének a meghatározása történhet méréssel illetve számítással. A közvetett mérésre lehetőség adódik üzemi körülmények között is. Ekkor a hajtómotor teljesítményfelvételéből következtetünk a forgácsolóerő (F_c) nagyságára. Közvetlen mérés esetén az erőmérőt célszerű a munkadarab befogókészülékében, vagy a szerszám-tartóban elhelyezni. A gyakorlatban legelterjedtebb alkalmazás a nyúlásmérő bélyeges és a piezoelektromos elven történő erőmérés. Az előbbiek közül kétféle elrendezés jellemző. A legegyszerűbb módszer, hogy a bélyegeket a késszárra ragasztják. Ez a főforgácsolóerő mérésére alkalmas, ami a késszár függőleges síkban való lehajlását okozza. Fetecau és társai [1] nevéhez fűződik az ezzel a módszerrel történő, PTFE kísérleti forgácsolása során fellépő csekély nagyságú erők mérése. A másik

konstrukciós változatnál erőmérő asztal közbeiktatásával rögzítik a szerszámbefogót a szánrendszerhez. Erre az elrendezésre mutatnak be saját fejlesztésű kivitelt Süleyman és társai [2]. A piezoelektromos elven alapuló erőmérés kiindulási jelensége az, hogy bizonyos kristályos anyagokban (pl. SiO_2) erő hatására töltésátrendeződés megy végbe, így a két párhuzamos felülete között elektromos feszültség keletkezik. A piezo elven történő erőmérés lehet egy, illetve többkomponenses. Amennyiben a jeladók a tárgyasztalba vannak beépítve, akkor a munkadarabra ható erőket mérik. Ha van rá lehetőség, célszerű azonban a szerszám szárában, közvetlenül forgácsolóél alatt elhelyezni. Erre mutatnak példát Horváth és társai [3], akik a finomesztergálás technológiai tartományára fejlesztettek ki egy piezoelektromos elven működő, kis erőtartományban tizedes pontosságú mérésekre alkalmas erőmérőt. Számos tanulmány foglalkozik a forgácsolási paraméterek, valamint a fellépő erőhatások közötti összefüggésekkel. Rao és társai [4], AISI 1050 acélt esztergáltak kerámia szerszámmal. Méréseik alapján megállapí-tották, hogy a forgácsolósebesség nagysága sem az erőkomponensekre, sem pedig a felületi érdességre nincs jelentős hatással. Valamint az előtolás értéke mindkettőt számottevően befolyásolja, illetve a forgácsolóerő összetevőinek fogásmélységtől való függése lényeges, a felületi érdesség azonban elhanyagolható. Kundrák és társai [5] keményesztergálással megmunkált felületek mikro keménységének változását vizsgálták. Megállapították, hogy bár közvetlenül nincs hatással a forgácsoló erő a felület keménységére, a szakirodalom szerint közvetve azonban a rendszerbe bevezetett mechanikus energia hőenergiává való átalakulása miatt mégis hatással van. A hagyományos hosszesztergálástól gyakran eltérő geometriai és technológiai viszonyok miatt a rotációs esztergálásnál Sztankovics és társai [6, 7] bemutatták, hogy hogyan lehet meghatározni a forgácskeresztmetszetet jellemző paramétereket.

2. Anyagok és módszerek

2.1. Felhasznált anyag, szerszám, eszköz

Kísérleteinket ötvözetlen, általános rendeltetésű szerkezeti acélon (C45) végeztük. Kémiai összetétele: C=0,42-0,5%; Si≤0,4%; Mn=0,5-0,8%; P≤0,045%; Mn≤0,1%; Ni=≤0,4%; Cr+Ni+Mo≤0,63%.

Az alkalmazott szerszám: keményfém, lapka kód: DCMT 11T304 FG TT8115 CVD bevonatos (TiN/TiCN/ Al_2O_3/TiN). Gyártó: TaeguTec.

Az erőmérésre egy speciálisan átalakított késszárat használtunk [3], mely kifejezetten a finomesztergáláskor fellépő kis erők mérésére lett kifejlesztve. A késszár (mely mindhárom erőkomponens mérésére alkalmas) egy KISTLER 5019 Multichannel Charge Amplifier, háromcsatornás töltéserősítőhöz lett csatlakoztatva. Az erőértékeket DynoWare szoftver segítségével értékeltük ki.

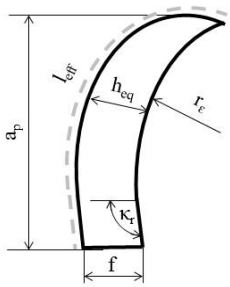
2.2. Kísérleti pontok meghatározása

Az erőtani vizsgálatokra olyan kísérletterv készült, mely a finomesztergálás teljes tartományát magába foglalja: f=0,03…0,15 mm; a_p=0,25…0,7 mm. Megjegyzendő, hogy a kisebb fogásmélységek esetén kizárólagosan a csúcssugár végzi a forgácsleválasztást és a beállított legnagyobb érték esetén is csupán a főél egy rövid szakasza vesz benne részt.

2.3. Erőmodell finomesztergálás technológiájára

Finomesztergáláskor, a forgácsleválasztást szinte kizárólag a szerszám csúcssugara végzi. Az elméleti deformálatlan forgácskeresztmetszet nagyságrendekkel kisebb, mint az általánosan használt Kienzle-Victor modellben [8]. Finomesztergáláskor nem hanyagolható el a csúcssugár hatása. A jel-

lemző forgácskeresztmetszetet szemlélteti az **1. ábra**.



1. ábra. *Finomesztergálásra jellemző forgácskeresztmetszet*

A fogásban levő, működő élhossz meghatározása az alábbi módon lehetséges [9, 10]:

$$l_{eff} = \frac{a - r_\varepsilon \cdot (1 - \cos\kappa_r)}{\sin\kappa_r} + \frac{2 \cdot r_\varepsilon \cdot \pi}{360°} \cdot \left(\kappa_r + \arcsin\frac{f}{2 \cdot r_\varepsilon}\right) \quad (1)$$

A beállított forgácsolási paraméterek alapján pedig kiszámítható az ekvivalens forgácsvastagság:

$$A = a \cdot f = h \cdot b = h_{eq} \cdot l_{eff} \quad (2)$$

$$h_{eq} = \frac{a \cdot f}{l_{eff}} \quad (3)$$

A bevezetett forgácsolóerő modellben a fajlagos forgácsolóerő a következő alakban írható fel:

$$k_c = \frac{F_c}{A} = \frac{F_c}{h_{eq} \cdot l_{eff}} \quad (4)$$

A kapott k_c értékek azonban függenek a h_{eq} és a l_{eff} értékeitől, ezért ezeket kétfaktoros hatványfüggvény regresszióval modelleztük:

$$k_c = C \cdot h_{eq}^{\,q_c} \cdot l_{eff}^{\,y_c} \quad (5)$$

A h_{eq}=0,1 mm behelyettesítésével, megállapítható $k_{c1,0.1}$ értéke:

$$k_{c1,0.1} = C \cdot 0{,}1^{q_c} \quad (6)$$

Az alkalmazott új forgácsolóerő modell pedig:

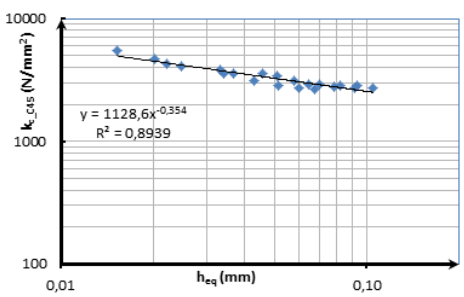
$$F_c = k_c \cdot h_{eq} \cdot l_{eff} = k_{c1,0.1} \cdot 10^{q_c} \cdot h_{eq}^{\,1+q_c} \cdot l_{eff}^{\,1+y_c} \quad (7)$$

3. Eredmények

A kísérleti pontokat és azok beállításait, valamit a mért erőértékeket ismerteti az 1. táblázat. A forgácsoló sebességet konstans v_c=300 m/min értéken tartottuk.

1. táblázat. *Mért F_c és k_c értékek*

Kísérleti pontok	*a_p,*	*f, m*	*F_c, N*	*k_c, N/mm²*
1.	0,25	0,03	41	5492
2.	0,25	0,05	51	4075
3.	0,25	0,07	63	3599
4.	0,25	0,09	70	3120
5.	0,25	0,11	78	2845
6.	0,25	0,13	88	2718
7.	0,25	0,15	100	2667
8.	0,5	0,03	70	4667
9.	0,5	0,05	96	3836
10.	0,5	0,07	126	3586
11.	0,5	0,09	142	3156
12.	0,5	0,11	161	2924
13.	0,5	0,13	184	2823
14.	0,5	0,15	214	2853
15.	0,7	0,03	91	4321
16.	0,7	0,05	124	3543
17.	0,7	0,07	168	3427
18.	0,7	0,09	185	2937
19.	0,7	0,11	216	2808
20.	0,7	0,13	246	2703
21.	0,7	0,15	288	2743



2. ábra. *Fajlagos forgácsoló erő a közepes forgácsvastagság függvényében*

A fajlagos főforgácsolóerő értékei az ekvivalens forgácsvastagság függvényében

logaritmikus léptékű diagramon ábrázolva egy egyenesre illeszkednek (**2. ábra**).

Tehát az (5) egyenletnek megfelelően a fajlagos forgácsoló erő modellje az alábbi:

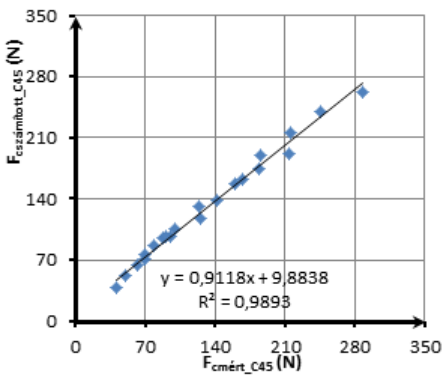
$$k_{c_C45} = 1015 \cdot h_{eq}^{-0,399} \cdot l_{eff}^{0,095} \qquad (8)$$

A fajlagos forgácsoló erő és a $k_{c1,0.1}$ meghatározása utána az (7) erőmodell az alábbi:

$$F_{c_C45} = 2542 \cdot 10^{-0,399} \cdot h_{eq}^{0,601} \cdot l_{eff}^{1,095} \qquad (9)$$

3.1. Erőmodell ellenőrzése

Ha grafikonon ábrázoljuk a mért és számított főforgácsolóerőket, akkor a létrejövő ponthalmazra egy egyenest lehet illeszteni. Az ábrázolt pontok eltérése az $x=y$ egyenestől megmutatja az egyenlet becslési hibáját (**3. ábra**).



3. ábra. *A számított forgácsolóerők a mért értékek függvényében*

4. Konklúzió

A dolgozat a finomesztergálás technológiájára mutat be egy új erőmodellt, mely a Kienzle-Victor formulából indul ki de figyelembe veszi a finomesztergáláskor kialakuló forgácskeresztmetszet jellegét.

A modellbe bevezettük a h_{eq} és l_{eff} forgácskeresztmetszet jellemzőket. A forgácskeresztmetszetek a simításra jellemző módon kisebbek, ezért bevezetésre került az ún. $k_{c1.0,1}$, forgácsolóerő fajlagos főértéke. (mely l_{eff}=1 mm; és h_{eq}=0,1 mm forgácskeresztmetszethez tartozik).

A fajlagos forgácsoló erőre (k_c) és a forgácsolóerőre (F_c) felépített modellek nagy pontossággal leírják és modellezik a mérések során meghatározott értékeket.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Catalin Fetecau, Felicia Stan: *Study of cutting force and surface roughness in the turning of polytetrafluoroethylene composites with a polycrystalline diamond tool*, Measurement 45 (2012) 1367–1379.

[2] Süleyman Yaldiz, Faruk Ünsacar, Haci Saglam, Hakan Isik: *Design, development and testing of a four-component milling dynamometer for the measurement of cutting force and torque*, Mechanical Systems and Signal Processing 21 (2007) 1499–1511.

[3] Horváth Richárd, Pálinkás Tibor, Mátyási Gyula: *Erőmérő rendszer tervezése, kivitelezése és adaptációja finomesztergáláskor fellépő kis erők méréséhez*, GÉP 59:(6) (2013) 48-53.

[4] C. J. Rao, D. Nageswara Rao, P. Srihari: *Influence of cutting parameters on cutting force and surface finish in turning operation*, Procedia Engineering 64 (2013) 1405-1415

[5] J. Kundrak, A. G. Mamalis, K. Gyani, V. Bana: *Surface layer microhardness changes with high-speed turning of hardened steels*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 53:(1-4) (2011) 105-112.

[6] I. Sztankovics, J. Kundrak: *Determination of the Chip Width and the Undeformed Chip Thickness in Rotational Turning*, Key Engineering Materials 581 (2014) 131-136.

[7] I. Sztankovics, J. Kundrak: *Effect of the inclination angle on the defining parameters of chip removal in rotational turning*, Manufacturing Technology 14:(1) (2014) 97-104.

[8] O. Kienzle, H. Victor: *Die bestimmung von kräften und leistungen an spanenden werkzeugmaschinen*, VDI-Z 94 (1952) 299–305.

[9] S.R. Frey: Repetitorium: *Spanende Formung Schweizer Maschinenmarkt*, 32 (1980) 26-29

[10] C. Bus, N. A. L. Touwen, P. C. Veenstra, A. C. H. Van Der Wolf: *On the Significance of Equivalent Chip Thickness*, Annals of the CIRP, XVIV. (1971) 121-124

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 171–174. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.35
http://hdl.handle.net/10598/28619

HASONLÓSÁGI TRANSZFORMÁCIÓ ALKALMAZÁSA NEM-NEWTONI KÖZEG ÁRAMLÁSÁBAN

APPLICATION OF SIMILARITY TRANSFORMATION FOR NON-NEWTONIAN FLUID FLOW

Hriczó Krisztián

Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Analízis Intézeti Tanszék, 3515, Magyarország, Miskolci-Egyetemváros, Egyetem út 1. Telefon: +36-46-565-111/18-82, Levelezési cím: 3786, Magyarország, Lak, Dózsa György út 14., krisztian.hriczo@gmail.com

Abstract

Flow of non-Newtonian fluids is examined along flat plate. The boundary layer flow is modeled by a system of partial differential equations, which are derived from the Navier-Stokes equations. The flat plate is placed in a non-Newtonian medium. The assumed boundary layer flow is caused by free convection. Applying similarity transformations the system of partial differential equations is reduced to a system of ordinary differential equations, its solutions provide the velocity and the temperature distribution in the boundary layer. Numerical approximate solutions are determined to illustrate the changes of velocity in the boundary layer.

***Keywords**: non-Newtonian fluid, similarity transformation, boundary layer.*

Összefoglalás

Nem-newtoni folyadékok áramlását vizsgáljuk síklap mentén. A határréteg áramlást parciális differenciálegyenletekkel modellezzük, melyek a Navier-Stokes egyenletekből származtatjuk. Síklapot helyezünk nem-newtoni folyadékba, amely körül a szabad konvekció által indukált áramlást feltételezünk. Hasonlósági transzformáció alkalmazásával az eredeti parciális differenciálegyenlet rendszert visszavezetjük közönséges differenciálegyenlet rendszerre. Meghatározzuk a modell numerikus megoldásait, melyek szemléltetik a határrétegben kialakuló sebességeloszlásokat.

***Kulcsszavak:** nem-newtoni folyadék, hasonlósági transzformáció, határréteg.*

1. Bevezetés

A folyadékmechanika egyik részterülete a határréteg áramlás, melyet az 1900-as évek elején alapozott meg Prandtl, a Navier-Stokes egyenletekre bevezetett egyszerűsítéssel. Az így bevezetett egyenletrendszer hasonlósági megoldásait Blasius publikálta 1908-ban [3]. A modell gyakorlati alkalmazhatósága miatt napjainkban is aktívan kutatott terület a határréteg áramlás. A kezdetben felírt modellhez különböző peremfeltételek alkalmaznak, melyekkel leírják a síklap mozgását, áteresztő képességét, hőátadási tulajdonságát. A határréteg áramlás elméletét alkalmazzák például gázturbinák működtetésének tervezésénél, polimer lemeztáblák és lemezhártyák gyártásánál, papírgyártás és üvegfújás során, műanyagok extrudálásánál, a geofizikában,

geotermikus energia hasznosításánál [1]-[6].

Célunk egy mozgó, áteresztő síklap mentél fölírt határréteg áramlási modell bemutatása és hasonlósági megoldásaik előállítása.

2. Meghatározó egyenletek

Állandósult 2D, lamináris áramlást feltételezünk összenyomhatatlan hatványtörvény szerinti folyadék esetén. A T_∞ hőmérsékletű folyadék pozitív féltengely mentén áramlik állandó U_∞ sebességgel. A modell a Navier-Stokes egyenletekből származtatott folytonossági és mozgásegyenlettel írja le a feltételezett áramlást [3], [6].

A folytonossági egyenlet, amely az anyag összenyomhatatlanságát fejezi ki:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0\,. \qquad (1)$$

A mozgásegyenlet, amely az áramló közeg mozgását írja le:

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}\,, \qquad (2)$$

ahol u és v az x illetve y irányú sebességkomponensek. Az áramló folyadék nemnewtoni tulajdonságát fejezi ki a $\tau_{xy}=K\left|\partial u_h/\partial y\right|^{n-1}\left(\partial u_h/\partial y\right)$, amely nyírási feszültség és nyírási sebesség közötti hatványtörvény szerinti kapcsolat. Itt K a konzisztencia index, α_t a hődiffúzió és $\gamma=K/\rho$ jelöli a kinematikai viszkozitást.

Az egyenletekhez járuló peremfeltételek:

- a síklap felületén ($y=0$):

$$u(x,0)=U\,,\ v(x,0)=v_w(x)\,, \qquad (3)$$

ahol U a mozgó síklap sebessége és $v_w(x)$ a síklap áteresztési képessége,

- a határréteg fölött $(y\to\infty)$:

$$u(x,\infty)=U_\infty\,. \qquad (4)$$

Bevezetjük az $\eta=a\dfrac{y}{x^\beta}$, $\psi=b\,x^{-\alpha}f(\eta)$, dimenziómentes változókat, melyben az a, b, α, β konstansok, a ψ pedig az áramfüggvény.

Az áramfüggvényt következő alakban definiáljuk:

$$u=\frac{\partial\psi}{\partial y}\ ,\ v=-\frac{\partial\psi}{\partial x}\,, \qquad (5)$$

amely automatikusan teljesíti a folytonossági egyenletet.

Az áramfüggvényt behelyettesítve a (2) mozgásegyenletbe

$$\frac{\partial\psi}{\partial y}\frac{\partial^2\psi}{\partial yx}-\frac{\partial\psi}{\partial x}\frac{\partial^2\psi}{\partial yy}=\gamma\frac{\partial}{\partial y}\left(\left|\frac{\partial^2\psi}{\partial yy}\right|^{n-1}\frac{\partial^2\psi}{\partial yy}\right) \qquad (6)$$

és a (3) - (4) feltételekbe

$$\frac{\partial\psi}{\partial y}(x,0)=U\,,\ \frac{\partial\psi}{\partial x}(x,0)=v_w(x)\,, \qquad (7)$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial y}(x,\infty)=U_\infty\,. \qquad (8)$$

Alkalmazva az η hasonlósági változót

$$\frac{\partial\psi}{\partial x}=-b\,x^{-\alpha-1}[\,\alpha f+\beta\eta f'\,]\,, \qquad (9)$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial y}=a\,b\,x^{-\alpha-\beta}f'\,, \qquad (10)$$

ahol az f' a függvény η szerinti deriváltját jelöli. A (9) és (10) kifejezéseket beírva a (6) egyenletbe adódik a

$$\left(\left|f''\right|^{n-1}f''\right)'-\alpha f f''+(\alpha+\beta)f'^2=0\,. \qquad (11)$$

A (11) egyenletnek létezik hasonlósági megoldása, ha $(2-n)\alpha+(2n-1)\beta=1$ és $\gamma a^{2n-1}b^{n-2}=1$ egyenlőségek teljesülnek. A (4) peremfeltételből adódik, hogy

$ab = U_\infty$ és $\alpha + \beta = 0$. Továbbá teljesülnek a (7) peremfeltételek, ha a, b, α, β az alábbi alakban adottak:

$$a = \gamma^{-\frac{1}{n+1}} \left(U_\infty\right)^{\frac{2-n}{n+1}}, \quad b = \gamma^{\frac{1}{n+1}} \left(U_\infty\right)^{\frac{2n-1}{n+1}}$$

$$\beta = -\alpha = \frac{1}{n+1},$$

és

$$\psi(x,y) = \gamma^{\frac{1}{n+1}} \left(U_\infty\right)^{\frac{2n-1}{n+1}} x^{\frac{1}{n+1}} f(\eta),$$

$$\eta = \gamma^{-\frac{1}{n+1}} \left(U_\infty\right)^{\frac{2-n}{n+1}} \frac{y}{x^{\frac{1}{n+1}}}.$$

A (11) mozgásegyenletbe beírva a paraméterértékeket és elvégezve a megfelelő egyszerűsítéseket:

$$\left(\left|f''\right|^{n-1} f''\right)' + \frac{1}{n+1} f f'' = 0, \qquad (12)$$

$$f'(0) = \lambda, \; f(0) = f_w, \qquad (13)$$

$$f'(\infty) = \lim_{\eta \to \infty} f'(\eta) = 1, \qquad (14)$$

ahol $\lambda = U / U_\infty$ a síklap sebességének és a fölötte áramló folyadék sebességének az aránya, míg $f_w = -(n+1) v_w(x) \left(x^n / \lambda U_\infty^{2n-1}\right)$ jelöli a síklapon átáramló anyagmennyiséget, amit konstans értéknek veszünk föl számításaink során.

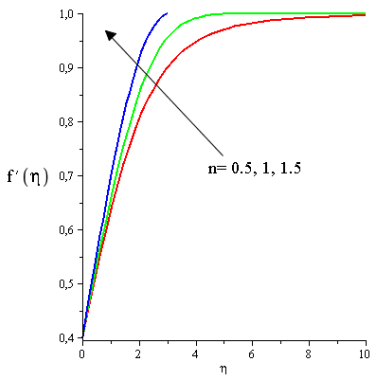
Megjegyezzük, hogy a síklap $\lambda < 0$ esetén a folyadékkal azonos irányba mozog, $\lambda > 0$ esetén a folyadék áramlási iránya és a síklap mozgásának iránya ellentétes, míg $\lambda = 0$ értékre a síklap rögzített. Továbbá $f_w > 0$ esetén a felület szívó hatású, $f_w < 0$ esetén injektáló a felület és $f_w = 0$ értékre a felület nem áteresztő.

Az u és v sebességkomponensek a hasonlósági változókkal az alábbiak szerint fejezhetőek ki:

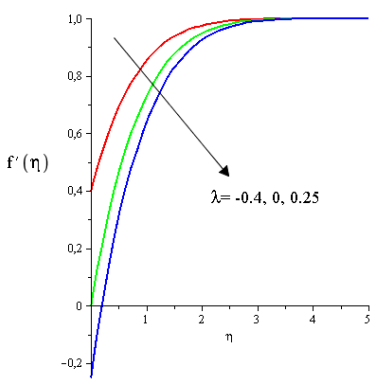
$$u(x,y) = U_\infty f'(\eta),$$

$$v(x,y) = \frac{U_\infty \mathrm{Re}_x^{\frac{-1}{n+1}}}{n+1} \left(\eta f'(\eta) - f(\eta)\right),$$

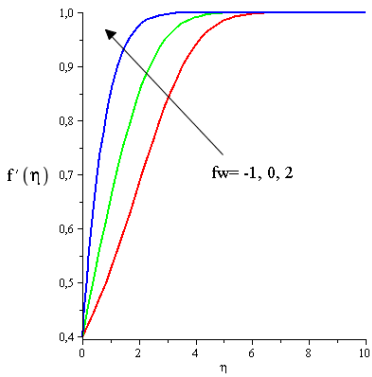
ahol $\eta = \mathrm{Re}_x^{\frac{1}{n+1}} \frac{y}{x}$ és $\mathrm{Re}_x = \frac{U_\infty^{2-n} x^n}{\gamma}$ a helyi Reynolds-szám.



1. ábra. *Sebességprofil n változása esetén ($f_w = 0$; $\lambda = -0{,}4$)*



2. ábra. *Sebességprofil λ változása esetén ($f_w = 2$; $n = 1$)*



3. ábra. *Sebességprofil* f_w *változása esetén* $(n = 1\,;\,\lambda = -0{,}4)$

3. Numerikus megoldások

A (12),(13) és (14) egyenletekkel fölírt peremérték feladat numerikus közelítő megoldásait MAPLE 12 programmal állítottuk elő, alkalmazva a beépített peremérték megoldó metódust. A megoldásokat az 1.-3. ábrákon szemléltjük, ahol megfigyelhető a feladatban szereplő paraméterek hatása.

4. Következtetések

Megadtuk egy mozgó, áteresztő vízszintes síklap fölött kialakuló hidrodinamikus határrétegben a sebesség eloszlását. A vizsgált modell parciális differenciálegyenlettel fölírt peremérték feladat, melyet hasonlósági transzformáció alkalmazásával visszavezettünk közönséges differenciálegyenlet peremérték feladatára. A feladat hasonlósági megoldásait meghatározva azt tapasztaltuk, hogy a hidrodinamikus határréteg vastagsága jelentősen csökken *n és* f_w paraméterek növelésével. A λ paraméter növelése a határréteg vastagságát kis mértékben növeli, míg a kezdeti sebességet jelentősen csökkenti.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Aziz, A.: *A similarity solution for laminar thermal boundary layer over a flat plate with a convective surface boundary condition*, Comm. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. 14 (2009), pp. 1064-1068.

[2] Bataller, R. C.: *Radiation effects for the Blasius and Sakiadis flows with a convective surface boundary condition*, Appl. Math. Comput. 206 (2008), pp. 832–840.

[2] Blasius, H.: *Grenzschichten in Flussigkeiten mit kleiner reibung*, Z. Math. Phys., 56 (1908), pp. 1–37.

[3] Ishak, A.: *Similarity solution for flow and heat transfer over a permeable surface with convective boundary condition*, Appl. Math. Comput. 217 (2010), pp. 837-842

[4] Magyari, E.: *The moving plate thermometer*, Int. J. Therm. Sci., 47 (2008), pp. 1436–1441.

[5] Magyari, E.: *Comment on "A similarity solution for laminar thermal boundary layer over a flat plate with a convective surface boundary condition" by A. Aziz*, Comm. Nonlinear Sci. Numer. Simul. 2009; 14:1064-8, *Comm. Nonlinear Sci. Numer. Simulat.* 16 (2011), pp. 599-601.

[6] Zheng, L., Zhang, X., He, J.: *Suitable heat transfer model for self-similar laminar boundary layer in power law fluids*, J. Thermal Science 13 (2004), pp. 150-154.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 175–178. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.36
http://hdl.handle.net/10598/28620

STRATÉGIAI ÉS KÖRNYEZETI ZAJTÉRKÉPEZÉS SZEREPE A MŰSZAKI FELSŐOKTATÁSBAN

THE ROLE OF STRATEGIC AND ENVIRONMENTAL NOISE MAPPING IN TECHNICAL EDUCATION

Kocsis Dénes[1], Bertalan Nikolett[2], Fórián Sándor[3]

[1]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +3652/415155-7781; kocsis.denes@eng.unideb.hu*

[2]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; nikibertalan@gmail.com*

[3]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; forian@eng.unideb.hu*

Abstract

In our work we intend to investigate the role of strategic and environmental noise mapping in technical education. General information on noise mapping including the legislative requirements and the associated Hungarian practice is reviewed. In addition through the example of our institution the University of Debrecen the role of the topic in educational and scientific activities is presented, furthermore the results of a related project are also discussed.

Keywords: *noise, noise mapping, technical education.*

Összefoglalás

Munkánk során a stratégiai és környezeti zajtérképezés műszaki felsőoktatásban betöltött szerepét kívánjuk vizsgálni. Áttekintjük a zajtérképezéssel kapcsolatos ide tartozó általános tudnivalókat, többek között a jogszabályi követelményeit és magyarországi gyakorlatát. Emellett intézményünk a Debreceni Egyetem példáján keresztül bemutatjuk témakör szerepét az oktatási és tudományos tevékenységekben, továbbá kitérünk a területhez kapcsolódó egy projekt keretében folytatott tevékenység eredményeire is.

Kulcsszavak: *zaj, zajtérképezés, műszaki felsőoktatás.*

1. Bevezetés

A zajtérképezés a közelmúltban és napjainkban egy dinamikusan fejlődő terület, ami egyre inkább élvezi nem csak a politikai döntéshozók, hanem a közvélemény növekvő figyelmét is. A jelenlegi számítógépes háttér már lehetővé teszi nagy földrajzi kiterjedésű területeken is az alkalmazhatóságát, ezért egyre szélesebb körű alkalmazása figyelhető meg elsősorban az Európai Unióban, de a világ más részein is. A megnövekedett figyelem növekvő ipari és közigazgatási igényekkel is párosul, mely szükségessé teszi az ilyen irányú ismeretekkel rendelkező hallgatók képzését. Ennek megfelelően a zajtérképezés megjelent a műszaki

felsőoktatásban hallgatói és oktatói tudományos munkák keretében, valamint emellett speciális tárgyak is foglalkoznak a témakör ismereteinek átadásával. Ehhez kapcsolódóan munkánkban át kívánjuk tekinteni a zajtérképezés szerepét a műszaki felsőoktatásban.

2. Stratégiai zajtérképezés

A stratégiai zajtérkép egy terület meglévő vagy előre jelzett zajhelyzetére vonatkozó adatok illusztrációja. A meghatározásból is látható, hogy jelenlegi viszonyok felmérésén és bemutatásán túl, alkalmas lehet tervváltozatok eredményeként bekövetkező jövőbeli szituációk ábrázolására is. A stratégiai zajtérkép célja a környezeti zajok okozta káros hatások felmérése, csökkentése és elkerülése.

Megjelenésében és elterjedésében nagyon fontos szerepet kapott az Európai Unió 2002/49/EK irányelve (2002/49/EK irányelv a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről), amely egységes keretek közé emelte a környezeti zaj értékelését és kezelését. Az angolul The Environmental Noise Directive irányelvet kezdőbetűiből END megnevezéssel szokták emlegetni. Ez a direktíva célozta meg a közös megközelítés kidolgozását a környezeti zajból eredő káros hatások elkerülésére, megelőzésére és csökkentésére. Ezen cél elérése érdekében számos lépés fokozatos megvalósítását tűzték ki, valamint alapot szolgáltattak a legjelentősebb zajforrásokból származó nemkívánatos zajterhelés csökkentésére. A források között az irányelv kiemelte a közúti és vasúti járműveket és infrastruktúrákat, a légi közlekedést, és a szabadtéri és ipari berendezés zaját. A lefektetett általános irányelvek hasonlóak az egyéb területek (pl. levegő, vagy hulladék) átfogó környezeti politikájához.

2.1. 2002/49/EK irányelv által bevezetett zajindikátorok

Az irányelv az egységes értelmezhetőség és kezelhetőség érdekében zajindikátorokat határoz meg. Ezek közül a folyamatos zajterhelés nagyságának meghatározására alkották meg az ún. nappal-este-éjjel zajszint fogalmát [1]. Ez az irányelvben L_{den}-ként szerepel, amelyben a den index az angol megfelelő rövidítéséből származik (day-evening-night).

$$L_{den} = 10\lg\left[\frac{1}{24}\left(12*10^{\frac{L_{napköz}}{10}} + 4*10^{\frac{L_{este}+5}{10}} + 8*10^{\frac{L_{éjjel}+10}{10}}\right)\right] \quad (1)$$

$L_{napköz}$, L_{este}, és $L_{éjjel}$ A-súlyozószűrővel meghatározott hosszúidejű L_{Aeq} érték. A definíció alapján nappali időszak 12 órásnak (reggel 7 órától 19 óráig), az esti 4 órásnak (19 órától 23 óráig), valamint az éjszakai 8 órásnak (23 órától reggel 7 óráig) tekintendő. A tagországok ettől saját szokásaik, hagyományaik alapján kis mértékben eltérhetnek [2]. Ennek megfelelően Magyarországon a 6-18-22 órás (6 órától napköz, 18 órától este és 22 órától éjszaka) tagolás használatos [3].

A-direktíva külön kitér azokra a mérési feltételekre, amelyek alapján a napszakok átlagos hangszintjét meg lehet állapítani. Ez alapján a zajtérképezést épületek között a terepszinttől 4±0,2 m magasan kell elvégezni, lehetőleg a zajnak leginkább kitett felületnél [2]. Alacsonyabban is van lehetőség méréseket elvégezni minimum 1,5 méteres magasságig, de az eredményeket minden esetben 4 méterre korrigálni szükséges.

A környezeti zajtérkép készítés is ugyanazon jogi és műszaki szabályokra támaszkodik, csak jóval kevesebb kötöttséggel. Környezeti zajtérképezés esetén számos paramétert a zajtérképezési feladathoz szokás igazítani.

2.2. Magyarországi törvényi szabályozás

A magyarországi jogszabályi háttérbe való illeszkedése a stratégiai zajtérképeknek a következő jogszabályokkal történt meg [3]:

- Az 1995. évi LIII. a környezet védelmének általános szabályairól szóló törvény és annak a 2004. évi LXXVI. törvénnyel történő módosítása;
- 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről;
- 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól.

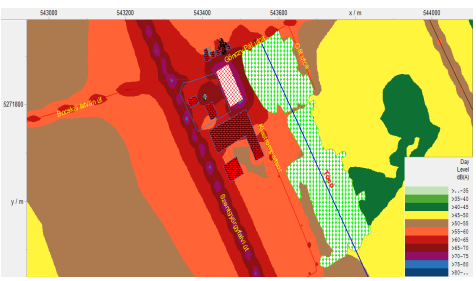
A 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet határidőket is megszab, mely alapján Budapest stratégiai zajtérképének 2008. július 18-ig, a 100 000 főnél nagyobb lakosú magyarországi városok stratégiai zajtérképének pedig 2012. június 30-ig kellett elkészülniük. A zajtérképezés eredményeként felmért zajállapotot a rendelet által meghatározott úgynevezett küszöbértékekkel kell összevetni. Az összevetés eredménye határozza meg, hogy az adott területre milyen tartalmú intézkedési tervet kell készíteni és azt milyen időtávon belül kell megvalósítani.

A stratégiai zajtérképeken zajforrás-csoportonként, valamint zajjellemzőkként is el kell készíteni a térképes megjelenítést, ahol 5 dB-es lépésközű, különböző színnel jelölt zajszintgörbéket kell alkalmazni [4]. A konfliktustérképeken jelennek meg a küszöbérték túllépések, melyeket szintén különböző színű, 5 dB-es vagy annál nagyobb felbontású zajszintgörbék megadásával kell ábrázolni [5]. Továbbá táblázatos formában meg kell adni az érintett lakosság számát és az érintett lakóépületek, iskolák és kórházak számát is a konfliktustérképen.

3. Stratégiai és környezeti zajtérképezés az oktatásban

Az említett növekvő piaci igények eredményeképpen a zajtérképezés témakör az utóbbi időben egyre hangsúlyosabban jelentkezik a műszaki felsőoktatásban. Ezt nagyon jól mutatja a témában készült hallgatói tudományos diákköri munkák, szakdolgozatok és diplomamunkák száma. Emellett a témakör megjelenik az oktatók és kutatók kutatási tevékenységében is.

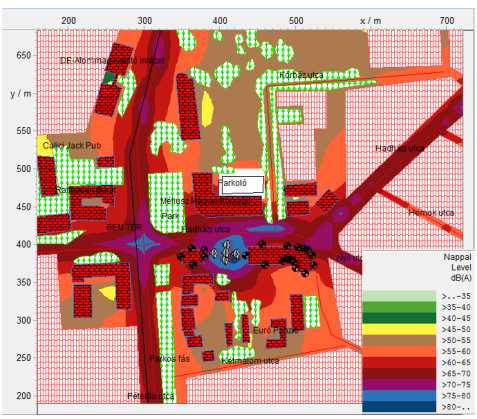
A terület fontos szerepet kap intézményünk a Debreceni Egyetem Műszaki Karának oktatási tevékenységében is. Itt elsősorban Környezetmérnöki BSc és MSc szakos hallgatók foglalkoznak a témakörrel. A szakon nagy hagyománya van a zaj- és rezgésvédelmi témakörök oktatásának, ennek megfelelően hallgatók több féléven keresztül hallgatnak egymáshoz kapcsolódó Zaj- és rezgésvédelem tárgyakat. Ezen tárgyak közül az egyik (Zaj- és rezgésvédelem III) teljes egészében a zajtérképezéssel kapcsolatos ismeretek átadására törekszik. Ennek keretében a hallgatók megismerik és elsajátítják egy zajtérkép-készítő szoftver használatát, és tudásukról elektronikus zárthelyi és önálló zajtérképezési feladat megoldásával adnak számot. A később ilyen szakterületen elhelyezkedett hallgatók visszajelzései alapján a piac pozitívan értékeli az ilyen jellegű ismereteiket.



1. ábra. *Környezetmérnöki BSc szakos hallgató által elektronikus zárthelyi megoldásaként készített feladat*

Jelen publikáció készítői részben érintettek voltak a TÁMOP 4.1.1.C-2012/1/KONV-2012-0012 Zöld Energia Felsőoktatási Együttműködés (ZENFE) című projektben, mely során többek között egy zajtérképezési mintaadatbázist létrehozásában tevékenykedtek. Ezen munka során készült egy webes felület, ami általános információkat tartalmaz nemcsak a hallgatók, hanem minden érdeklődő számára is a zajtérképekről. A felületen szerepelnek továbbá az elkészült magyarországi zajtérképek elérhetőségei, valamint külföldi példák is helyet kaptak.

A nemzetközi kitekintés jól felhívja arra a véleményünk szerint közeljövőben orvosolandó problémára a figyelmet, hogy míg például Anglia területének jó része esetében egyazon felületről ugyanolyan formában megtekinthetőek különböző térségek zajtérképei, addig sajnos a magyarországi gyakorlat ezt nem teszi lehetővé. Hazánkban a zajtérképek jellemzően a városok honlapjain, egymástól elszigetelten jelennek meg, melyek egységes kezelése jelentősen növelné azok értékét.



2. ábra. *Környezetmérnöki BSc szakos hallgató által gyakorlati jegy megszerzéséhez készített önálló beadandó feladat*

4. Következtetések

Írásunkban a stratégiai és ahhoz kapcsolódóan a környezeti zajtérképezés témakörét tekintettük át. Célunk a terület műszaki felsőoktatásban betöltött szerepének a vizsgálata volt. Saját intézményünk, a Debreceni Egyetem példáján keresztül bemutattuk a témakör megjelenését a különböző tudományos munkákban és az oktatásban. Emellett a területhez kapcsolódóan egy projekt keretében végzett munka eredményeibe is rövid betekintést adtunk.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kiss Ádám, Tasnádi Péter: *Környezetfizika*, Typotex, Budapest, 2012, 138.

[2] *Position paper on EU noise indicators*, Office for Official Publications of the European Communities, Belgium, 2000, 10.

[3] Berndt Mihály: *Részletes háttér-információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához*, Budapest, 2007, pp. 7.

[4] Domokos Endre (szerk.): *Környezetmérnöki Tudástár*, 13. kötet, Zaj- és rezgésvédelem, Veszprém, 2011, 142.

[5] *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN): Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, August 2007, 43.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 179–182. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.37
http://hdl.handle.net/10598/28621

NAPELEM TELJESÍTMÉNY ÉS HATÁSFOK VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA FELÜLETI SZENNYEZŐDÉS ESETÉN

EXAMINATION OF PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC CELLS WITH CONTAMINATED SURFACES

Koós Dániel[1], Bodnár István[2]

[1]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; +36-20-290-1108, daniel.koos1@gmail.com*

[2]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; Telefon / Fax: +36-46-565-168, vegybod@uni-miskolc.hu*

Abstract

One of the most major topic of the world is the energy. Nowadays the renewable energy sources become more and more popular - first of all the solar energy - that's why the researches of energy conversations are very important. We have examined the performance and efficiency of photovoltaic cells, including contaminated surfaces and deterioration.

Keywords: *photovoltaic cell, energy efficiency, contaminated surface.*

Összefoglalás

Világunk egyik központi témája az energia. Manapság egyre jobban előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások, legfőképpen Földünk éltető eleme a Nap. Tehát aktuális téma a napenergia átalakítására szolgáló berendezések vizsgálata. Kutatásunk fő irányvonala a napelemek teljesítmény és hatásfok változásának vizsgálata, felületi szennyeződések esetén, és az elöregedés jelenségének következményeként.

Kulcsszavak: *napelem, energetikai hatásfok, felületi szennyeződés.*

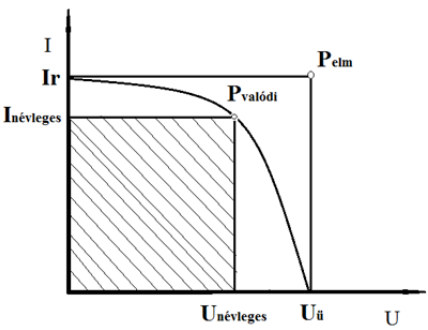
1. Napenergia, mint a legnagyobb potenciállal bíró megújuló energiaforrás

A megújuló energiaforrások közül a legstabilabb és ingyenes energiaforrásunk a napenergia. A Föld légkörén áthatoló napsugárzás egy része elvész, így átlagosan 1.000 W/m² hasznosítható energia éri el a földfelszínt [1]. A napenergia felhasználásának számos passzív és aktív formája ismert. Az építészet kezdete óta befolyásolja az épületek elhelyezését, megtervezését a napsugárzás. A technológiák fejlődésével egyre sokrétűbb és jobb hatásfokú aktív energia-átalakító rendszereket hoztak létre. Ilyenek például a napkollektorok vagy a napelemek. A lakossági felhasználók körében is egyre jobban elterjedt a napelemek használata. A növekvő tendencia ellenére Magyarország napenergia potenciáljának csak kis részét hasznosítja. A napele-

mek esetében komoly probléma a kis energia átalakítási hatékonyság és az anyaguk elöregedése okozta teljesítményromlás (30 év alatt akár 50%-os hatásfokcsökkenés). Mindemellett az éves teljesítménykihasználtság mintegy ötöde a fosszilis energiahordozókat hasznosító erőműveknek [2].

2. Napelemek

A jelenleg használt napelemek döntő többsége p-n átmenetes szilícium félvezetőkön alapszik. A Napból érkező fotonok energiája töltéshordozó párokat generál a félvezetőben, tehát a napelemben fotoáram jön létre [2]. A napelem kivezetésein mérhető üresjárati feszültség és rövidzárási áram szorzata a napelem elméleti teljesítményét határozza meg *(1. ábra)*. Ha fogyasztót kapcsolunk a kivezetésekre, akkor a napelem valódi teljesítményéről beszélhetünk, amely maximalizálásához elengedhetetlen az optimális terhelés megválasztása. A legjobb teljesítmény-kihasználás terhelésillesztési feladattal valósítható meg [1].



1. ábra. *Napelem U-I jelleggörbéje*

Az elméleti és gyakorlati teljesítmények között a φ kitöltési tényező teremt kapcsolatot, számítási módja a következő *(1)*:

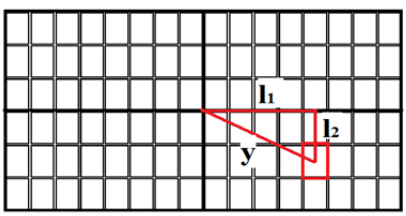
$$\varphi = \frac{U_{névleges} \cdot I_{névleges}}{U_Ü \cdot I_R} = \frac{P_{valódi}}{P_{elméleti}} \qquad (1)$$

3. A mérés ismertetése

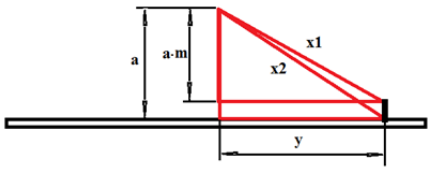
A napelemes méréseink során szerettük volna megvizsgálni, hogy a napelem felületére kerülő szennyezők esetén mekkora teljesítmény, és hatásfok csökkenés tapasztalható. A valós értékek meghatározásához szükségünk volt a teljes napelem teljesítményének és hatásfokának ismeretére. Az általunk használt napelem egy 0,75 m^2 felületű amorf, szilícium napelem, amely a korábbi felhasználások következtében sérült felületű, és a gyártástól eltelt mintegy 20 év alapján vélhetően elöregedett szerkezetű. A fényviszonyok reprodukálhatósága érdekében a napelemet egy 1.000 W fényteljesítményű reflektorral világítottuk meg.

3.1. A fényintenzitás eloszlás meghatározása

A pontszerű fényforrásból adódóan a napelem felületén egyenetlen fényintenzitás eloszlás tapasztalható. Ez szükségessé tette a napelem felületének cellákra való bontását, és külön-külön történő mérését. A napelemet 96 db. (6x16) cellára bontottuk és mindegyikben megmértük az intenzitás mértékét. A napelemet mátrixként kezeltük, amelynek elemei a megfelelő cellák voltak. A cellák intenzitásának mérése során technikai okok miatt árnyék vetült az intenzitás mérőre, ezért azt csak megemelten, a napelemtől 2 cm távolságra tudtuk elhelyezni. Az intenzitásmérő saját vastagságát is beleszámítva az általunk mért felület és a napelem felülete közt 4,5 cm távolság mérhető. Ezen eltérés korrigálására bevezettünk egy korrekciós tényezőt, ami a fényforrástól mért távolsággal változik. Meghatározásának módszerét szemlélteti a **2. és a 3. ábra**.



2. ábra. *Korrekciós tényező számításának szemléltetése felülnézetben*



3. ábra. *Korrekciós tényező számításának szemléltetése oldalnézetben*

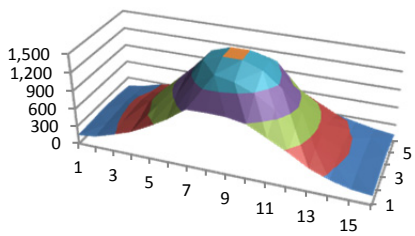
A korrekciós tényező számításához használt összefüggéseket a *(2)-(5)* képletek mutatják. Három méréssorozatunk átlagából képzett, korrigált intenzitás eloszlást háromdimenziós felületként ábrázoltuk (**4. ábra**).

$$y = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \qquad (2)$$

$$x_1 = \sqrt{(a-m)^2 + y^2} \qquad (3)$$

$$x_2 = \sqrt{a^2 + y^2} \qquad (4)$$

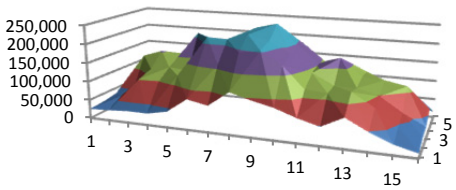
$$k = \frac{\frac{1}{x_2^2}}{\frac{1}{x_1^2}} \qquad (5)$$



4. ábra. *Intenzitás-eloszlás [W/m²]*

3.2. A teljesítmény eloszlás meghatározása

Az egyes cellák elméleti teljesítményének meghatározásához a cellák által leadott üresjárati feszültség és rövidzárási áram mérése szolgált alapul. A cellák vizsgálatát úgy végeztük, hogy az adott cellát nemfényáteresztő anyaggal letakartuk és mértük a szabadon hagyott rész által leadott üresjárati feszültséget és rövidzárási áramot. Az így számolt teljesítményt kivontuk a teljes napelem által leadott elméleti teljesítményből. Ezen inverz számítási módot az a tapasztalat tette szükségessé, hogy egy cella által termelt villamos energia 90%-a elnyelődik a napelem belső- és a mérőkör ellenállása által, ami nagymértékben torzítja az eredményeket. Az **5. ábra** szemlélteti a cellánként mért elméleti teljesíményt.



5. ábra. *Elméleti teljesítmény-eloszlás [I]W]*

A cellák vizsgálatát terhelten nem végeztük, a kitöltési tényezőt állandónak feltételezve, annak segítségével számoltuk a gyakorlati teljesítményt *(6)* képlet alapján.

$$P_{valódi} = \varphi \cdot P_{elméleti} \qquad (6)$$

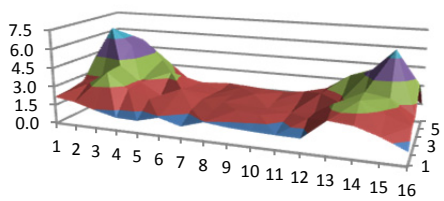
3.3. Hatásfok eloszlás meghatározása

A cellák hatásfokait a *(7)* és *(8)* összefüggések alapján számoltuk. Az így meghatározott elméleti és gyakorlati hatásfokot a **6.** és a **7. ábra** szemlélteti.

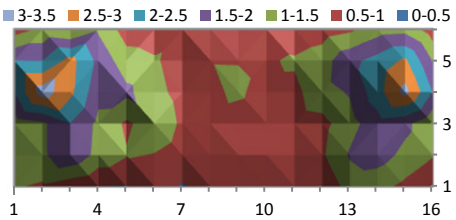
$$\eta = \frac{P}{P_{fény}} \qquad (7)$$

$$P_{fény} = E \cdot A_{cella} \qquad (8)$$

Ahol: P egy cella által leadott teljesítmény [W], $P_{fény}$ a cellára eső fényteljesítmény [W], E a cellára eső fényintenzitás [W/m²], A_{cella} a cella felülete [m²].



6. ábra. *Elméleti hatásfok eloszlása [%]*



7. ábra. *Gyakorlati hatásfok eloszlása [%]*

A várt eredményektől eltérően a középső cellák hatásfoka kisebbre adódott a napelem szélén található cellákéhoz képest. Az általunk vélt okok a következők lehetnek:

- a tárolás és egyéb körülmények okozta eltérő mértékű elöregedés;
- a napelemre felvitt kondenzátum egyenetlensége;
- felületi sérülések;
- a legvalószínűbb ok a megvilágítás intenzitásának egyenlőtlen eloszlása.

4. Felületi szennyezők hatásának vizsgálata

A napelem hétköznapi felhasználása során számos szennyeződéssel kerül kapcsolatba, amelyek befolyásolhatják hatásfokát. Az általunk vizsgált szennyező a falevél volt. A vizsgálatok során a napelemen különböző elrendezésekben helyeztük el a faleveleket (**8. ábra**). Minden elrendezésben közös a falevelek mennyisége, és az álta-lunk behatárolt területen a leveleket vélet-lenszerűen helyeztük el, így reprodukálva a valóságos körülményeket. A mérések alap-ján megállapítható a falevéllel letakart terü-letek által leadott teljesítmény. Ez az érték könnyen számolható a napelem mátrixos felbontásának köszönhetően. Ismert a nem szennyezett cellák által leadott összteljesít-mény (P_1), és a falevelek által szennyezett napelem teljesítmény (P_2). A kettő különb-ségéből számolható a szennyezett terület által leadott teljesítmény (P_3). Emellett ismerjük a vizsgált terület által leadott teljesítményt szennyezés nélkül (P_4).

A P_3 és P_4 hányadosa megadja a szenynyezett és a szennyezés nélküli terület teljesítmény viszonyát, vagyis megmutatja mekkora részére csökkent az adott cellák által leadott összteljesítmény. $\eta_{viszony}$ értelmezhető a napelem szórt fényhasznosító képességeként is *(9) (10)*. Vizsgálatunk visszaigazolta, hogy a hatásfokcsökkenés nagymértékben függ az intenzitástól, a felületi szennyeződés elhelyezkedésétől, valamint a napelem sérüléseitől.

$$P_2 - P_1 = P_3 \quad (9) \qquad \frac{P_3}{P_4} = \eta_{viszony} \quad (10)$$

8. ábra. *Mérési elrendezés, és egy a napelem szélén látható sérülés*

5. Következtetések

Mérési eredményeink alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a szennyezett felületre érkező nagyobb fényintenzitás nagyobb teljesítmény és hatásfok csökkenést okoz. Vizsgálataink során jól megfigyelhető a napelem teljesítményének és hatásfokának romlása a gyári adatokhoz képest. A napelem gyakorlati hatásfoka mintegy ötödére csökkent (5%-ról 1,07%-ra). Az eredmények jól mutatják a napelem elöregedésének és sérült felületének teljesítmény-csökkentő hatását.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Hunyár, M., Schmidt, I., Veszprémi, K., Vincze, Gy.: *A megújuló és környezetbarát energetika villamos gépei és szabályozásuk*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.

[2] Dr. Nemcsik, Á.: *Villamosenergia-termelés napelem segítségével*, A Magyar Elektrotechnikai Egyesület Lapja, 2006, 96.évf. 10. sz. 270-272.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 183–186. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.38
http://hdl.handle.net/10598/28622

KÉMIAI HARMADLAGOS KŐOLAJKITERMELÉSRE ALKALMAS POLIMER-TENZID OLDATOK FOLYÁSI TULAJDONSÁGAINAK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

TEMPERATURE DEPENDENCE OF FLOW PROPERTIES OF POLYMER-SURFACTANT SOLUTIONS FOR CHEMICAL ENHANCED OIL RECOVERY

Kothencz Réka[1], Nagy Roland[2], Bartha László[3], Vágó Árpád[4]

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-305, kothenczr@almos.uni-pannon.hu*

[2]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológia Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-412, nroland@almos.uni-pannon.hu*

[3]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-305, bartha@almos.uni-pannon.hu*

[4]*MOL NyRt, Csoportszintű Kutatás és Üzletfejlesztés, 1117 Budapest, Októberhuszonharmadika utca 18., avago@mol.hu*

Abstract

High-performance emulsifiers and surfactants are used in enhanced oil recovery (EOR). During the polymer-surfactant flooding flow modifier polymer and surfactant are mixed, which reduce the surface tension. It allows to control the mobility and to increase the efficiency of the production. The rheological behaviour of the polymeric, aqueous solutions of surfactants was analysed and their effect on the temperature was studied. The movability of the injected fluid can be predicted by the rheological results which is a significant property for the oil production. Furthermore, informations related to the structure of the polymer-surfactant associates can be obtained by the rheological caracteristics.

Keywords: *EOR, rheology, polymer, surfactants*

Összefoglalás

A harmadlagos kőolaj-kitermelés (EOR) feltétele a nagy hatékonyságú felületaktív anyagok, tenzidek alkalmazása. A polimer-tenzides elárasztás során folyásmódosító polimert és felületi feszültséget csökkentő tenzideket kevernek össze és oldanak fel rétegvízben, amely segítségével szabályozzák a mobilitást és növelik a kitermelési hatásfokot. Célunk volt a növényolaj alapú tenzidek polimeres, rétegvizes oldatainak reológiai vizsgálata és hőmérsékletfüggésének tanulmányozása. A reológiai vizsgálatok eredményéből következtetni tudunk a besajtolandó fluidum mozgathatóságára, ami a kőolaj-kitermelés szempontjából fontos tulajdonság. Továbbá a reológiai tulajdonságok vizsgálatakor a kialakult polimer-tenzid asszociátum szerkezetével kapcsolatos információt is kaphatunk.

Kulcsszavak: *EOR, reológia, polimer, tenzid.*

1. Bevezetés

A kőolajtározók kimerülésének következtében folyamatosan csökken az elsődleges és másodlagos kitermelő eljárások alkalmazásával nyert kőolaj mennyisége, mert a tárolók elvizesednek és lecsökken a rétegnyomásuk. A tározókban viszont még igen jelentős olajmennyiség található, amelynek felszínre hozatalát a harmadlagos kitermelési eljárások teszik lehetővé. A harmadlagos kőolaj-kitermelés egyik típusának során felhasznált tenzid a rétegvízzel és a kőolajjal emulziót képez, eközben csökkenti a határfelületi feszültséget és így az olajrészecskéket a pórusokon keresztül kimossa, így a képződött emulzió a termelőkúton távozik. Erre a célra a növényi olaj alapú tenzideket a kőolajiparban is egyre szélesebb körben alkalmazzák. A környezetvédelmi szempontból is kedvező növényolaj alapú nemionos tenzidek nemcsak az élelmiszeriparban és a kozmetikaiparban, hanem a kőolajiparban is meghatározó szerepet töltenek be [1,2].

Célunk a folyásmódosító polimert és felületi feszültség csökkentő tenzidkompozíciókat tartalmazó rétegvizes oldatok reológiai tulajdonságainak vizsgálata volt, ami azért fontos, mert abból következtetni lehet a besajtolandó fluidum szerkezetére, mozgathatóságára, illetve besajtolhatóságára. Mivel a viszkozitás a hőmérséklet függvényében változik, ezért a vizsgálatok a gyakorlati felhasználáshoz nyújthatnak hasznos információt.

2. Felhasznált anyagok, alkalmazott módszerek

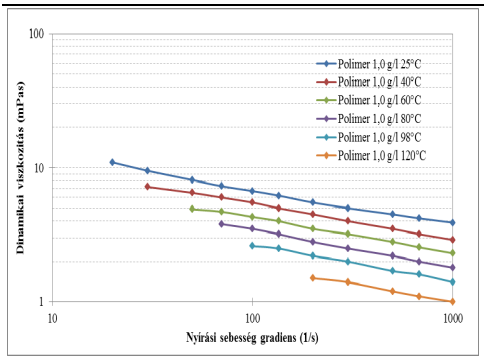
Az egyes mérések elvégzéséhez különböző típusú anionos és nemionos tenzidekből előállított tenzidkompozíciókat használtunk fel, amelyeket rétegvízben feloldott folyásmódosító polimerrel kevertünk össze. Az anionos tenzidet 60 tömeg%-ban, míg a nemionos tenzidet 40 tömeg%-ban tartalmazta a vizsgált tenzidkompozíció.

Munkánk során a reológiai mérésekhez az Anton Paar dynamic shear rheometert koncentrikus hengercellával alkalmaztuk. A méréseket 25, 30, 40, 50, 60, 70 és 80°C-on végeztük 10 és 1000 1/s nyírási sebesség gradiens között.

1. ábra. *Anton Paar Dynamic Shear Reométer*

3. Mérési eredmények

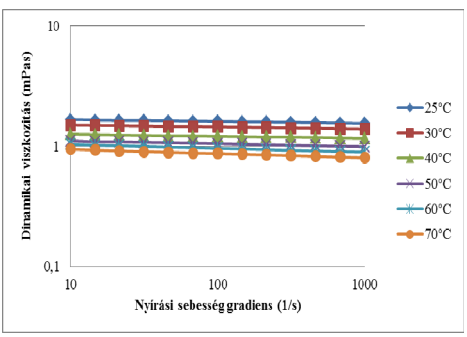
A besajtolandó folyadékok reológiai tulajdonságait a dinamikai viszkozitásnak a nyírási sebesség függvényében történő mérésével végeztük. A kis és a nagy nyírási sebesség értékekhez tartozó dinamikai viszkozitás egyaránt fontos, hiszen a felhasználás során a besajtolandó fluidum mozgása mindkét nyírási sebességtartományban megtörténik. Vizsgálatainkat a folyásmódosító polimer rétegvizes oldatának dinamikai viszkozitás változásának mérésével kezdtük, amely a **2. ábrán** látható. Emellett a dinamikai viszkozitás változásának hőmérsékletfüggését is vizsgáltuk. A felhasználás során ugyanis széles hőmérsékletgradiens alakul ki, ezért alkalmazástechnikailag meghatározó a hőmérsékletfüggés megismerése. A felszínről a kőolajtároló rétegbe történő besajtolás során a különböző tároló rétegekben akár 60°C-os hőmérséklet-különbség is lehetséges magyarországi viszonylatban.



2. ábra. *Folyásmódosító polimer oldat dinamikai viszkozitásának hőmérséklet-függése*

Megállapítottuk, hogy 20-90°C között a polimeroldat 1 és 10,5 mPas közötti viszkozitás értéket vesz fel, mely a fluidum mozgathatóságát lehetővé teszi a tárolórétegben. A görbék alapján látható, hogy a polimeroldat nem newtoni viselkedésű.

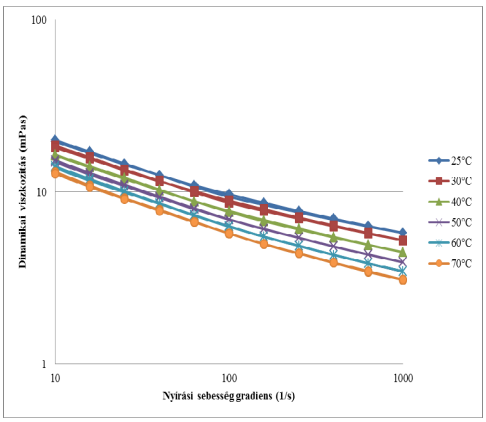
Megvizsgáltuk a tenzidkompozíciók rétegvizes oldatának dinamikai viszkozitásváltozását a nyírási sebesség gradiens függvényében, különböző hőmérsékleteken. A mérési eredményeket a **3. ábra** illusztrálja.



3. ábra. *A tenzidkompozíció vizes oldatának dinamikai viszkozitásának hőmérséklet-függése*

A 25-70°C-ig végzett reológiai vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált tenzidkompozícióból készült oldat közel newtoni viselkedésűnek mondható. Így a tenzidoldatok dinamikai viszkozitása a besajtolás szempontjából megfelelő, a vizsgált nyírási sebesség tartományban új, dinamikai viszkozitás változással járó szerkezet kialakulását nem tapasztaltunk [3].

Vizsgálatunkat a folyásmódosító polimert is tartalmazó tenzidkompozíciók rétegvizes oldatának tanulányozásával folytattuk. A kőolajkitermelés szempontjából a legfontosabb ezen oldatok vizsgálata. A mérési eredményeket a **4. ábra** szemlélteti.



4. ábra. *A tenzid polimeres rétegvizes oldatának dinamikai viszkozitása különböző hőmérsékleteken*

Megállapítottuk, hogy polimer-tenzid oldatok dinamikai viszkozitása nagyságrenddel nagyobb, mint önállóan a tenzidoldat dinamikai viszkozitása, valamint adott hőmérsékleten a polimeroldat és a tenzidoldat viszkozitásának összegénél is nagyobb az adott hőmérsékleten mért polimeres tenzidoldat dinamikai viszkozitása. Ezen eredmények alapján a polimer és a tenzid alkotta asszociátum, azaz új szerkezet kialakulását feltételezzük. A folyásmódosító polimert és a polimeres tenzidoldatok viszkozitásgörbéinek meredekségét vizsgálva azt találtuk, hogy a polimeres tenzidoldatok meredeksége jelentősen csökken, mintegy 25-öd részére. A szakirodalmi közlemények meglehetősen hiányosak e jelenség részletes vizsgálatáról,

mégis a polimer-tenzid közötti szinergiát a hatékony és eredményes kőolajkitermelés alapjaként említik [4]. Ezért részletesebb, reológiához kapcsolódó kiegészítő vizsgálatok elvégzését tervezzük a jövőben.

4. Következtetések

A kőolajtárolók kimerülésének következtében a kihozatalnövelő eljárások egyre inkább előtérbe kerülnek. Ezért folyásmódosító polimert és tenzidkompozíciót is tartalmazó rétegvizes oldatok reológiai tulajdonságainak vizsgálatát elvégeztük, amely alapján megállapítottuk, hogy önállóan a polimer és a tenzidkompozíció vizes oldata relatíve kis dinamikai viszkozitással rendelkeznek. Az alkalmazott polimer és tenzidkompozíció együttesen rétegvízben oldva asszociátumot alakít ki, mely a dinamikai viszkozitás viszonylagosan nagy növekedéséből valószínűsítettünk. Ez a növekedés az egyes komponensek viszkozitásának additív összegénél lényegesen nagyobb volt. A polimert tartalmazó tenzidoldatok meredeksége jelentős mértékben csökkent, mely szintén a polimer-tenzid asszociátum kialakulását jelzi.

Összességében megállapítottuk, hogy a felhasználandó tenzidkompozíció és a folyásmódosító polimer reológiai szempontból előnyösen alkalmazható, azonban részletesebb vizsgálatok szükséges a folyamatok teljes megismeréséhez.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Laurier L. Schramm: *Emulsions, Fundamentals and applications in the petroleum industry*, American Chemical Society, Washington DC, 1992.

[2] D. J. Shaw: *Bevezetés a kolloid- és felületi kémiába*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,1986

[3] H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: *An Intorduction to Rheology*, Elsevier Science Publisher B.V., 1993.

[4] J. Hou, Z. Liu, S. Zhang, X. Jue, J. Yang: *The role of viscoelasticity of alkali/surfactant/polymer solutions in enhanced oil recovery*, Journal of Petroleum Science and Engineering, 47, 2005, 219-235.

Köszönetnyílvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a cikk elkészítéséért:

MOL Nyrt., Csoportszintű Kutatás & Üzletfejlesztés támogatásáért.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 187–190. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.39
http://hdl.handle.net/10598/28662

HŐKEZELT 22MnB5 ACÉL KOPÁSÁLLÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

WEAR REISTANCE TEST OF HEAT TREATED 22MnB5 STEEL

Kovács-Coskun Tünde[1], Pinke Péter[2]

[1,2]Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8; Telefon / Fax: +36-1-6665386, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The steel industrial application is significant in now days. In view of economic the low alloyed but high strength steels are important. The chosen steel is also a member of this steel group because its strength improves by hot forming and fast cooling. In case of different quenching parameters we received different mechanical properties. The tested steel hardness and wear resistance depend on the heat treating parameters. In this aim we present our tests investigations and mechanical properties results in case of different heat treating temperatures.

***Keywords**: wear resistance, boron alloyed steel, heat treatment.*

Összefoglalás

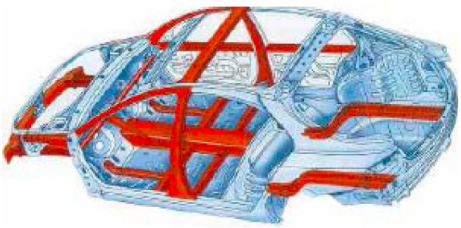
Az acélok ipari felhasználása napjainkban is jelentős. A gazdaságosság miatt azonban előtérbe kerülnek a nagyobb szilárdságot mutató, de alacsony ötvözöttségű acélok. Az általunk választott acél is ebbe a csoportba tartozik, hiszen meleg alakítással és gyors hűtéssel a szilárdsága jelentősen növelhető. Az edzési hőmérséklet függvényében eltérő mechanikai tulajdonságokat kaptunk. A vizsgált acél keménysége és kopásállósága a hőkezelés paramétereitől erősen függött. Dolgozatunkban bemutatjuk a választott hőkezelésekkel elért eredményeket és a vizsgálati módszereket.

***Kulcsszavak:** kopásállóság, bórötvözésű acél, hőkezelés.*

1. Bevezetés

Napjaink korszerű műszaki gyakorlatában is jelentős mennyiségben alkalmaznak vasalapú ötvözeteket (acélokat, öntöttvasakat) különböző gépalkatrészek, berendezések, járművek gyártása során. A felhasznált fémes anyag mennyiségének csökkentése azonban kiemelt jelentőségűvé vált. A járműipar esetében ez tömegcsökkenést, ezzel együtt gazdaságosabb üzemeltetést, tehát versenyképesebb termékelőállítást jelent. Ennek következtében egyre jobban előtérbe kerül a növelt szilárdságú acélok alkalmazása. Egyes nagyszilárdságú acélok esetében a szilárdságnövelést nem az ötvöző tartalom növelésével, hanem az acél mikroszerkezetének hőkezeléssel vagy irányított hőmérsékleten történő meleg alakításával állítják be. Ez a típus a kis és közepes széntartalmú, alacsony ötvözésű

acélokhoz tartozik. Hőkezelés nélküli állapotban, melegen hengerelve alacsony szilárdsággal rendelkezik. A hőkezelés során nagyon fontos az ausztenitesítési hőmérséklet megválasztása, mely egyértelműen meghatározza, hogy a gyors hűtést követően milyen szövetszerkezetet és ezzel együtt milyen mechanikai tulajdonságokat kapunk. Az általunk vizsgált acélt járműipari alkatrészek gyártásához használják (**1. ábra**), mert a szilárdsága nagyobb alacsony ötvözőtartalma mellett is, mint a hagyományos acéloké, emellett a szívóssága is megfelelő. Vizsgálataink során kapcsolatot kerestünk a kopásállóság és az alkalmazott hőkezelési paraméterek között.

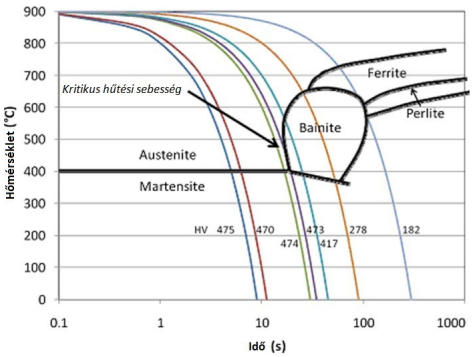


1. ábra. *Személyautó nagyszilárdságú acél elemei [1]*

2. A vizsgált acél hőkezelése

Jellemző, hogy a választott acélminőség (22MnB5) alacsony ötvözöttség mellett is növelt szilárdságot mutat. Ezt az acél edzési hőmérsékletének megválasztásával lehet beállítani [3,4].

Az acél ausztenites állapotából nagy sebességgel hűtve martenzites szövetszerkezet állítható elő. A gyakorlatban ez egy ausztenites állapotú alakítást követő gyors hűtést jelent. Ezeknek az acéloknak a folyamatos hűtési görbéje eltér az ötvözetlen acélokétól, mivel a bór annak ellenére, hogy mennyisége kicsi, a ferrit mezőt erősen jobbra tolja, amint a **2. ábrán** látható.



2. ábra. *22MnB5 acél folyamatos hűtési görbéje 900˚C-ról [3]*

Az alkalmazott hőkezelés célja: eltérő ausztenitesítési hőmérsékletekre való hevítéssel és gyors (vízben történő) hűtéssel a kívánt szövetszerkezet létrehozása. A választott hőmérsékletek: 750 °C, 800 °C, 850 °C és 900 °C voltak. Magasabb hőmérsékletre való hevítéssel nagyobb lesz az ausztenit aránya a ferrittel szemben, ami a megfelelően gyors hűtésnek köszönhetően martenzitté alakul. A hőkezelés során alkalmazott hőntartási idő 5 perc volt.

Az alkalmazott acélminőség (22MnB5) volt, amely kis széntartalmú, mangán és bór ötvözésű duál fázisú acél. Kémiai összetétele (összetétel-intervalluma) tömeg %-ban: 0,2-0,25 % C, 0,2-0,4 % Si, 1-1,4 % Mn, max. 0,03 % P, max. 0,01 % S, 0,14-0,26 % Cr, 0,0015-0,0050 % B. A mechanikai tulajdonságokat az **1. táblázat** foglalja össze.

1. táblázat. *22MnB5 acél mechanikai tulajdonságai*

	Folyás-határ (R_e, MPa)	Szakító-szilárdság (R_m, MPa)	Nyúlás (A_{80}%)
Lágy állapot	300 - 340	480 - 500	26 - 28
Edzett állapot	1000	1500 - 1590	6 - 7

2. Kopásvizsgálat

A kopásvizsgálatokhoz golyós koptató berendezést alkalmaztunk. A megfelelő finomságú felület eléréséhez a próbatesteket metallográfiai csiszolatkészítés módszerével készítettük elő. A különböző ferrit-martenzit tartalmú darabokon összehasonlító koptató vizsgálatot végeztünk azonos vizsgálati paraméterek mellett.

3. Vizsgálatok eredményei

A hőkezelést követően a minták felületének előkészítését végeztük el: a metallográfiai csiszolatkészítés módszereit alkalmazva polírozott felületminőséget alakítottunk ki. A darabokon keménységet és felületi érdességet mértünk, majd kopásvizsgálatokat végeztünk.

3.1. Keménységmérés

A próbatestek keménységmérését (darabonként 5 mérés) Vickers keménységmérővel végeztük 30 kg terhelés mellett. Az átlagkeménység értékeket a **2. táblázat**ban foglaltuk össze. A hőkezelés nélküli referencia darabon mért átlagkeménység 183HV_{30} volt.

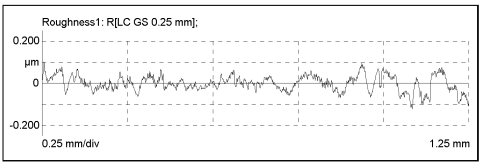
2. táblázat. *22MnB5 acél mechanikai keménysége az edzési (ausztenitesítési) hőmérsékletek függvényében*

Edzési hőmérséklet (°C)	*750*	*800*	*850*	*900*
HV(30)	*197*	*448*	*752*	*775*

A vizsgálati eredményekből látható, hogy keménység az alkalmazott edzési hőmérséklet függvényében jelentősen változott.

3.2. Felületi érdesség

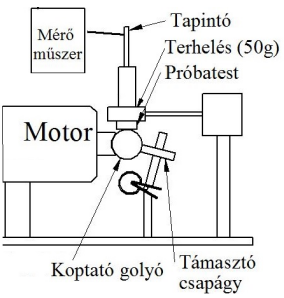
A felületi érdességet Mahr Perthometer berendezésen mértük **3. ábrá**n látható érdességképeket kapva. Az egyes darabokon végrehajtott mérésekből adódó átlagértékek a következők voltak: R_a=0,0292µm, R_z=0,1541 µm.



3. ábra. *Felületi érdesség, profilképe*

3.3. Kopásvizsgálatok

A kopásvizsgálatokat golyós koptató berendezésen (**4. ábra**) hajtottuk végre, 50g normálterhelés, 20 mm átmérőjű (GO3 acélminőségű) koptatógolyó, 500 ford/perc motorfordulatszám alkalmazása mellett 5 percig.



4. ábra. *Koptató berendezés elvi felépítése*

Kopási úthossz meghatározására érvényes az alábbi összefüggés (1), ahol D a koptató golyó átmérője, n a motor fordulatszáma, t pedig a koptatási idő:

$$s = D \cdot \pi \cdot n \cdot t \ [m] \qquad (1)$$

A kikopott gömbsüveg kráter mélységének meghatározására érvényes (2), ahol r a kráter átmérője:

$$h = R - \sqrt{(R^2 - r^2)}[m] \qquad (2)$$

A kopási térfogatra írható (3):

$$V = \frac{h \cdot \pi}{6} \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot D^2 - h^2\right) [m^3] \qquad (3)$$

A kopási tényező pedig (4), ahol F a terhelő erő :

$$K = \frac{V}{s \cdot F} \left[\frac{m^3}{Nm} \right] \qquad (4)$$

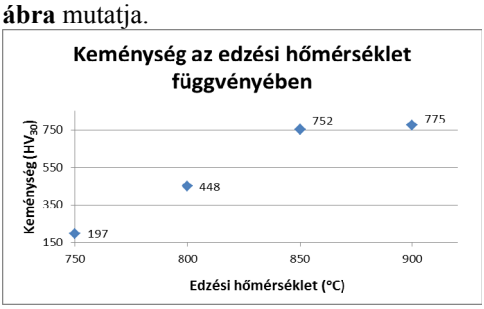
A mérési eredményeket a **3. táblázat** foglalja össze.

3. táblázat. *Mérési eredmények*

Edzési hőmérséklet (˚C)	Kopási tényező (K) ($m^3/Nm*10^{-12}$)	Kráter átmérő (d) (mm)
750	25	0,5
800	20,2	0,45
850	9	0,3
900	6,2	0,25

4. Következtetések

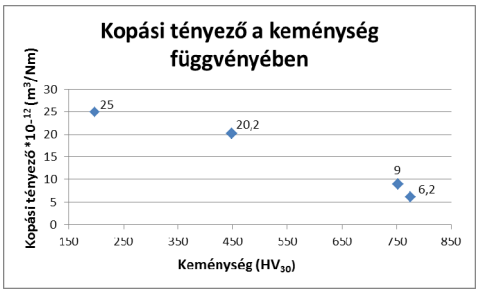
A próbatestek keménysége az edzési hőmérséklettől függő eredményt adott. Az edzési hőmérséklet, a képződött martenzit mennyisége és a keménység összefüggése ismert. A hőkezeléssel elért keménységet az edzési hőmérséklet függvényében az **5. ábra** mutatja.



5. ábra. *Edzéssel elért keménység az ausztenitesítési hőmérséklet függvényében*

A kopásállóság és a keménység egymással jellemzően jól korrelál. A vizsgált anyag esetében is megállapítható, hogy legnagyobb keménységű darabokon mért kopási tényező a legkisebb, tehát ezek a próbadarabok rendelkeznek a legjobb kopásállósággal.

Azt a következtetést is levonhatjuk, hogy az alkalmazott acél esetében 850 ˚C és 900˚C edzési hőmérsékletről való hűtés eredményeként nem kaptunk jelentős keménység különbséget, ezzel szemben a kopási tényező értéke 30%-al csökkent. A kopási tényező és a keménység kapcsolata tehát nem lineáris. A kopási tényező és a keménység összefüggését a **6. ábra** mutatja.



6. ábra. *Kopási tényező értéke a keménység függvényében*

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Pinczehelyi Dávid egyetemi hallgatónak, a kopásvizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségéért valamint Baranyi Istvánnak, aki a próbadarabok felületi érdességének meghatározásával támogatta munkánkat.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Shrikant P. Bhat: *Advances in high strength steels for automotive applications*, ArcelorMittal, 2012, 1-33.

[2] http://manufacturingscience.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleID=1881050 2015.02.15.

[3] B. T. Tang et all.: *Influence of Temperature and Deformation on Phase Transformation and Vickers Hardness in Tailored Tempering Process*: Numerical and Experimental Verifications, *J. Manuf. Sci. Eng.* 136(5), 2014. 1-14

[4] Bagyinszki Gyula: *Járműipari anyag- és technológiafejlesztések jó gyakorlatának elemzése hegesztés szakterületen*, ÓE, Egyetemi segédlet, 2014. 1-74.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 191–194. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.40
http://hdl.handle.net/10598/28665

TRIP700 ACÉL ELLENÁLLÁS-PONTHEGESZTÉSE

RESISTANCE SPOT WELDING OF TRIP700 STEEL

Kozma Bálint[1], Dobránszky János[2]

[1]*Gépészmérnök hallgató, BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; +36 20-500-4937, balint.kozma@outlook.com*

[2]*Tudományos főmunkatárs, MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; telefon: +36 1-463-1934, dobranszky.janos@eik.bme.hu*

Abstract

Increasing demand for advanced steels with outstanding mechanical properties appeared in the modern vehicle manufacturing. These materials are used mainly in the automotive industry as parts for high loads (i.e. car body, chassis). The application of multi-phase steels, i.e. TRIP steels is an obvious solution in the automotive industry.

Car body elements assembled of several pieces by various technological solutions (spot welding, bonding). One of the most widely used methods is the resistance spot welding. By this method the welded joint prepared in seconds that is significant in the automotive mass production. During the welding of TRIP steels cracks could appears around the nugget.

Keywords: *resistance spot welding, TRIP steel, high strength steel, design of experiments.*

Összefoglalás

A járműgyártásban fokozott igény mutatkozik olyan acélok iránt, melyek nagy szilárdságuk mellett jól alakíthatók. Ezek a nagy terhelésnek kitett helyeken kerülnek alkalmazásra: a karosszériaelemek (A- és B-oszlop) és az alvázszerkezet egyes részeiként. A járműgyártás számára kézenfekvő megoldás alkalmazni a többfázisú acélokat, melyek nagy szilárdságúak és képlékenyen jól alakíthatók; pl. a TRIP-acélokat). A karosszériaelemeket akár több darabból kötik össze, alkalmazva a ponthegesztés különféle változatait, a ragasztást vagy ezek kombinációját. Az egyik legelterjedtebb ilyen kötési eljárás az ellenállás-ponthegesztés. Ezen eljárással a kötést másodpercek alatt készíthetjük el, aminek kiemelkedő a jelentősége a járműipari tömeggyártásban. Az hegesztés során azonban a TRIP-acélokra jellemző, hogy a varrat határvonala mentén és a varratban kristályosodási repedések jelennek meg.

Kulcsszavak: *ellenállás-ponthegesztés, TRIP-acél, kísérlettervezés.*

1. Bevezetés, célkitűzés

A TRIP-acélok szövetszerkezete összetett: ferrit mátrixban bénit, martenzit és maradék ausztenit található. Képlékenyalakítás hatására az ausztenit részben vagy teljesen martenzitté alakul, az anyag jelentős keménydésnövekedést mutat. Az autóiparban az ellenállás-ponthegesztést, a ragasztást vagy ezek kombinációját és a lézersugaras hegesztést alkalmazva egyesítik az alkatrészeket. Ma is a legelterjedtebb megoldás az ellenállás-ponthegesztés. A TRIP-acélok varratának határvonala mentén és a varratban

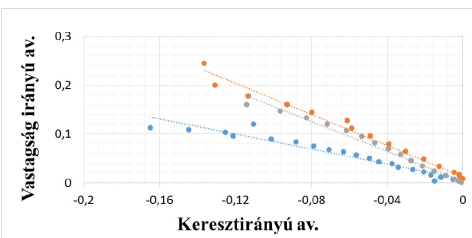
kristályosodási repedések jelenhetnek meg. Ezt a levegő nitrogénjével hozzák összefüggésbe. Célunk a TRIP-acélok hegeszthetőségi jellemzőinek elemzése volt.

2. Előzetes vizsgálatok

A kísérlethez 0,8 mm vastag TRIP700 típusú acélt használtunk, horganybevonata ~10 µm vastagságú volt. Szakítóvizsgálattal meghatároztuk a hengerlés miatt kialakult anizotrópiáját. A vizsgálat eredményéből számítható a Lankford-szám: a kereszt- és hosszirányú alakváltozás aránya (**1. táblázat**). Ha a Lankford-szám 1-től eltérő, az anyag mechanikai tulajdonságai a terhelésnek a hengerlési iránnyal bezárt szögétől függő mennyiségek [2].

1. táblázat – *A Lankford-számok az ismeretlen hengerlési irányú kísérleti anyagon*

R_0	1,276
R_{45}	1,761
R_{90}	1,902



1. ábra – *A Keeler–Goodwin-diagram*

Az alakváltozásából meghatározható a Keeler–Goodwin-diagram. A diagram egy általános lemez anizotrópiája esetében azt mutatja, hogy a 0 és 90 fokos irányhoz tartozó Lankford-számok közel azonosak, a 45 fokosé pedig eltérő értéket vesz fel [2]. Esetünkben a mért értékek között ez a kapcsolat nem áll fenn, feltehetően az általunk definiált 0 és 90 fokot irányok eltérnek a lemez tényleges hossz és keresztirányú tengelyeitől. Az általunk meghatározott diagramon jól látható, hogy 45 és 90 fokos irányhoz tartozó meredekségek közel azonosak, ettől eltérő a 0 fokos.

Az anizotrópiavizsgálat következtetése tehát az, hogy a rendelkezésre álló próbatestek, melyek hossztengelye egymásra merőleges, egymással nem kombinálhatók.

3. Kísérleti hegesztések

3.1. Kísérlettervezés

A helyes kísérletterv megléte, nagy jelentőségű. Ebből következik, hogy célunk a lehető legkisebb számú kísérletből a számunkra releváns információk maximumának kinyerése [3].

Statisztikai kísérlettervezés során olyan optimalizálást végzünk, melynél az objektum mechanizmusa nem teljesen ismert. Mindig felhasználjuk a korábban elvégett kísérletek eredményeit, a rendelkezésre álló ismereteket az adott jelenségről [3].

Többfaktoros kísérlet esetén faktoroknak a független változókat nevezik, ezek beállítandó értékét faktorszintnek nevezik, a célfüggvény a függő változó vagy több függő változó esetén azok kombinációja. Az optimalizáló kísérlettervezés során nem célunk az objektum tökéletes megismerése, az összefüggések feltárása, csupán egyszerű lineáris és másodfokú függvények alkalmazásával az optimális működési tartományt jellemző független változó értékét keressük, a kiértékelés során pedig matematikai összefüggéseket alkalmazunk.

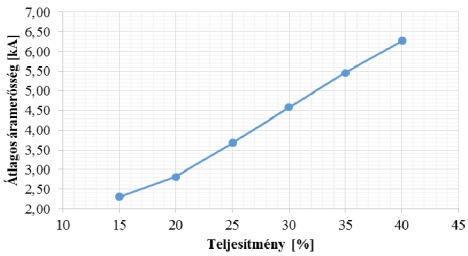
A 2p típusú tervek p faktort tartalmaznak, melyekből mindet két szinten vizsgálják, így ha minden beállításnál egy kísérletet végzünk, a kísérleti terv N = 2p pontot tartalmaz. [3]

Az itt tárgyalt kísérletek esetében három faktort jelöltünk ki: ezek a hegesztési áramerősség (I), a hegesztési idő (t), illetőleg az elektródák által kifejtett nyomóerő (F). Célunk, hogy az adott alapanyag esetében meghatározzuk a legnagyobb kötésszilárdsághoz tartozó technológiai tényezők értékét.

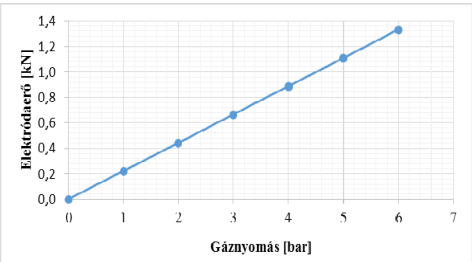
3.2. A berendezés mérése

A kísérletekhez használt ellenállás-ponthegesztő berendezésen a hegesztési tényezők beállítására 0 és 99 közötti skálák szolgálnak. Az áramerősség-skálát méréssel határoztuk, a **2. ábra** szemlélteti.

A nyomóerő meghatározásához ismerni kell, hogy a berendezés adott karhosszán, adott gáznyomás mellett mekkora nyomóerőt fejt ki; ezt mutatja a **3. ábra**.



2. ábra - *Az áramerősség-teljesítmény diagram*



3. ábra - *Elektródaerő-pneumatika nyomás*

A harmadik faktort, a hegesztési időt, a berendezésen állíthatjuk be.

3.3. A tervezési mátrix

Teszthegesztéseket végeztünk, melyekkel megállapítható az egyes faktorokhoz tartozó alsó- és felső szint. A várható legnagyobb hatású faktornak az áramerősséget vettük, a nyomóerő (4 bar) és a hegesztési idő pedig konstans (10 periódus). Célunk meghatározni azt a legkisebb/legnagyobb áramerősség értéket, melynél a kötés éppen elégséges, illetőleg a sorjakifröccsenés erőteljessé válik. A meghatározott faktorszintek a következők:

***2. táblázat** – Faktorszintek*

	Alsó	Felső
Áramerősség, I (kA)	2,5	6,5
Hegesztési idő, t (periódus)	5	15
Elektródanyomás, p (bar)	2	6

A tervezési mátrix elemeit, mely az optimumkeresési kísérleti beállítások értékeit tartalmazza, az Unscrambler X programmal határoztuk meg. Összesen 17 kísérleti hegesztést jelöltünk ki. A feladat e kötések elkészítése, vizsgálata és kiértékelése volt.

3.4. A hegesztett kötések vizsgálata

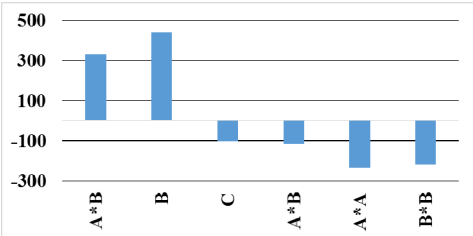
A kísérleti kötéseket nyíró-szakító vizsgálatnak vetettük alá, és meghatároztuk a tönkremenetelhez (kigombolódásához) tartozó maximális erőt, amelyet a keresztmetszetre vonatkoztatva meghatároztuk a maximális (nyíró-szakító) kötésszilárdságot (1222 MPa).

Az elemzést lineáris modell illesztésével, majd az első- és másodrendű kölcsönhatásokat elemezésével végeztük. Első körben az illesztés megfelelőnek bizonyult, ám a hatások közül egyik sem volt szignifikáns, így azok elhanyagolhatók minősíthetők. Az amit ilyen esetben tehetünk az, hogy a legnagyobb p-értékhez tartozó faktorokat kivesszük a következő elemzésből.

A második közelítés során a regressziós görbe illesztése ugyan romlott, mivel egyszerűbb térbeli alakzattal közelítettük a regressziós függvényt, de egyes hatások szignifikanciája megfelelő lett.

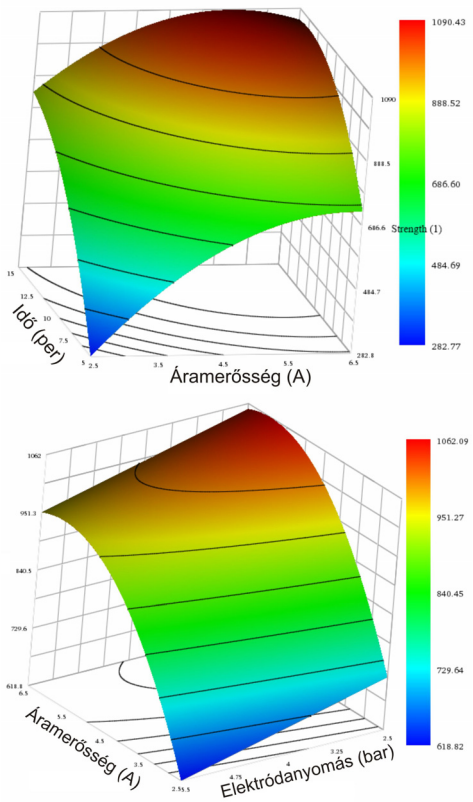
3. táblázat - *A független változók szignifikanciája*

Technológiai tényező, β	Szignifikancia
Áramerősség (A)	+
Hegesztés ideje (B)	+++
Elektródanyomás (C)	NS
A*B	NS
A*A	?
B*B	NS



4. ábra - *A hatások ábrázolása*

A kötésszilárdság adatokra illesztett, ún. válaszfelületeket az 5. ábra mutatja:



5. ábra – *Kötésszilárdság az idő és áram (fent), illetve az áram és a nyomás (lent) függvényében*

Az ábrákon látható, hogy mindkét görbének szélsőértéke van valahol, azonban ezek a vizsgált térrészből kilógnak. Ez arra enged következtetni, hogy a vizsgált faktorok tartományai túl szűk intervallumban vettük fel.

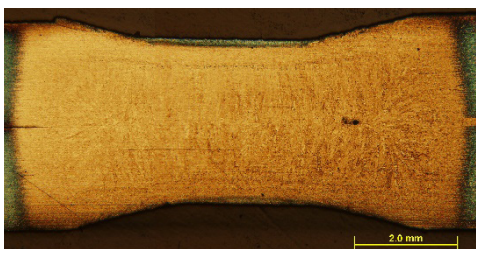
Így az optimumot csak közelítő értékekkel tudjuk megadni, melyek:

Áramerősség = *5,6 kA*
Hegesztési idő = *15 per*
Elektródanyomás = *0,56 kN*

Szemrevételezést és folyadékbehatolásos vizsgálatot követően megállapítottuk, hogy a kötések felületén kristályosodási repedések találhatók, tehát a fennálló kötési hibákat első ízben nem sikerült megelőzni.

Ehhez további, a „klasszikus” kísérletezésnek megfelelő módszerrel folytattuk a vizsgálatot, mely során a hegesztést követően hőkezelési ciklusnak vetettük alá a próbadarabokat, alapjait pedig a közel optimális paraméterek adták.

Eredményként a felületre kifutó összes repedéshosszt mintegy ötödére csökkentettük (gyakorlatilag elhanyagolható kiterjedésre), esetenként teljesen eltűntek.



6. ábra - *Egy minta keresztcsiszolata*

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Szunyogh L: *Hegesztés és rokon technológiák – Kézikönyv*. GTE Budapest, 2007.
[2] Ziaja Gy: *Alakítástechnika*. Kézirat, 2004.
[3] Kemény S, Deák A: *Kísérletek tervezése és értékelése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002,
[4] *The Unscrambler X Help*
[5] Chao YJ: *Ultimate strength and failure mechanism of resistance spot weld ...* J. Eng. Mater. Technol. 125 (2003:2) 125–132.
[6] *MSZ EN ISO 14272:2002 és MSZ EN ISO 14273:2002 szabványok*,
[7] Gáti J: *Hegesztési zsebkönyv*. 2003
[8] Komócsin M: *Anyagok hegeszthetősége*, www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 195–198. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.41
http://hdl.handle.net/10598/28623

ÚJ MODELL IDŐBEN VÁLTOZÓ ERŐFORRÁS-KORLÁTOS ÜTEMEZÉSI FELADATOK MEGOLDÁSÁRA

A NEW MODEL FOR SOLVING TIME-VARYING RESOURCE-CONSTRAINED SCHEDULING PROBLEMS

Kulcsárné Forrai Mónika[1], Kulcsár Gyula[2]

[1]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36-46-565111/19-52, aitkfm@uni-miskolc.hu*

[2]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36-46-565111/19-52, iitkgy@uni-miskolc.hu*

Abstract

The paper presents a new model for solving time-varying resource-constrained scheduling problems of discrete production processes. The developed model is able to adapt to the requirements of real-life situations by taking into consideration the specific characteristics of modern manufacturing and assembly systems. Our research was focused on scheduling of tool preparation for a complex manufacturing system in automotive industry. The paper describes the most important characteristics of the analysed problem and shows the algorithm of the developed exact solving method.

Keywords: *production, optimization, scheduling, modelling, algorithm.*

Összefoglalás

A cikk bemutat egy új modellt a diszkrét termelési folyamatok időben változó erőforrás-korlátos ütemezési feladatainak megoldására. A kifejlesztett modell a korszerű gyártó-szerelő rendszerek speciális jellemzőinek figyelembevételével képes valós ipari igények kielégítésére. Kutatómunkánk során egy járműipari összetett alkatrészgyártó rendszer szerszám-előkészítésének ütemezésére koncentráltunk. A cikk ismerteti a vizsgált feladat legfontosabb jellemzőit és a kifejlesztett egzakt megoldási módszer algoritmusát.

Kulcsszavak: *termelés, optimalizálás, ütemezés, modellezés, algoritmus.*

1. Bevezetés

A termeléstervezés és –ütemezés eredményei általában közvetlenül nem alkalmazhatók a gyártás operatív irányítására, mivel az elkészített tervek összevontan kezelt erőforrásokra alapozott nagyvonalú megoldást alkotnak. A termelésprogramozás (finom vagy részletes ütemezés) feladata az, hogy minden részletre kiterjedő pontos végrehajtási finomprogramot készítsen rövid időhorizontra (pl. heti, napi, műszakonkénti bontásban).

Ahhoz, hogy az elkészített termelési finomprogramok a gyakorlatban megvalósíthatók legyenek, a komplex döntéshozatalnak ki kell terjednie a termelés főfolyamatain túl (gyártás, szerelés) a legfontosabb kapcsolódó mellék

(pl. logisztikai) és segéd (pl. szerszámellátó) folyamatokra is.

Cikkünkben bemutatunk egy új ütemezési modellt a hozzá tartozó megoldó algoritmussal együtt, amelyek egy konkrét ipari termelésprogramozási feladattípus szerszám-előkészítési részfeladatának megoldását valósítják meg.

2. A vizsgált ütemezési feladat

A vizsgált járműipari gyártóműhelyben üléselemeket készítenek különböző márkájú és típusú személyautókhoz. A vevők (jármű-összeszerelő vállalatok) által generált, adott terméktípusra és darabszámra vonatkozó termék-lehívásokat (rendeléseket) szigorúan előírt szoros határidőre kell teljesíteni.

Az üzem az üléselemek (végtermékek) előállítását körpálya kialakítású gyártórendszerekben valósítja meg. Az üzem gyártórendszerei közösen végzik a rendelések teljesítését. Adott terméktípus általában több pályán is gyártható. Minden egyes pálya adott számú teljes kört (ciklust) tud elvégezni egy műszakban, továbbá adott számú felfüggesztési ponttal (pozícióval) rendelkezik. Adott pálya adott pozíciójához egy adott típusú formahordozó csatlakoztatható, amely kialakítástól függően egy vagy két oldalas lehet. A formahordozó bal és jobb oldalához szerszámok (formák) rögzíthetők a technológia által meghatározott szabályok szerint. Szigorú szabályok írják elő, hogy milyen terméket, melyik pályán, milyen pozícióban, milyen típusú formahordozón, melyik oldalon és milyen más termékkel együtt lehet gyártani.

A pályák önállóan definiált műszakrend szerint működnek (nyolc órás műszakokat tekintve alapegységnek). Minden egyes műszakban pályánként előírt darabszámú pozícióban végezhető el csere. Egy csere alapegysége egy formahordozóból és a hozzá kapcsolódó formából (vagy formákból) álló konfiguráció. Adott konfiguráció levétele egy aktív pozícióból és egy előkészített másik konfiguráció felhelyezése ugyanabba a pozícióba jelent egy teljes cserét.

A pályák kialakítása különböző, ezáltal az egy műszakban megtehető teljes körök száma is eltérő. A termékek gyártásához rendszerint több, eltérő darabszámú forma és formahordozó áll rendelkezésre.

A termeléshez szükséges konfigurációk előkészítését (szét- és összeszerelését) szakképzett dolgozók végzik. Az előkészítési feladat időigényes, így a pályák együtteséből álló üzemben az egy műszakban elvégezhető konfiguráció-előkészítések száma szigorú kapacitáskorláttal határolt.

3. Megoldási koncepció

A szakirodalomban számos könyv és szakcikk foglalkozik az ütemezési modellekkel és módszerekkel pl. [1], [2], [4], azonban a vizsgált probléma sajátosságaihoz pontosan illeszkedő modellt nem találtunk.

A vázolt korlátozások miatt az üzem terméktípusonkénti termelési intenzitása viszonylag lassan módosítható, így a változatos megrendelések kiszolgálása igen komoly termelésprogramozási feladatot jelent. A szükséges információk rendelkezésre állása alapján a finomprogram jellemzően egy hetes időintervallumra előre készíthető el. A rendszer „lomhasága” miatt szükséges a különböző terméktípusokra egyedileg kalibrált készletszintet fenntartani.

A termelésprogramozási feladat megoldásakor a technológiai és egyéb korlátozások mellett különös figyelmet kell fordítani a konfigurációk előkészítésének korlátaira is.

A vázolt feladat NP-nehéz jellegéből következően a fejlesztés során alapvetően heurisztikus és tudás-intenzív keresési

technikákra koncentráltunk. Korábban sikeresen alkalmazott modelljeinkből indultunk ki [3].

A feladat döntési változóinak értékét egy többoperátoros és többcélú kereső algoritmus állítja be. A kifejlesztett ütemező szoftver iteratívan módosítja az aktuális ütemtervet, konzisztens változtatásokkal új megoldásokat készít.

A keresési algoritmus egy közbenső lépése által előállított megoldásról meg kell állapítani, hogy az konfiguráció-előkésztés szempontjából megvalósítható-e vagy sem. Ez azt jelenti, hogy az aktuálisan vizsgált termelési programhoz készíteni kell egy megvalósítható konfiguráció-előkészítési ütemtervet, amely a korlátozásoknak megfelel. Ha ez lehetséges, akkor a termelési finomprogram megvalósítható, ellenkező esetben nem.

4. Új ütemezési modell

A termelésprogramozási (keresési) feladatba beépülő konfiguráció-előkészítési részprobléma önállóan is megfogalmazható ütemezési feladat formájában. A cikk további részében ennek a részproblémának a megoldására térünk ki részletesen.

A konfiguráció-előkészítések (munkák) ütemezési feladata a következőképpen foglalható össze:

- Adott n számú egymástól független J_i munka ($i=1, 2, ..., n$), önállóan definiált legkorábbi indítási és legkésőbbi befejezési időpontokkal határolva.
- Adott egy erőforrás-rendelkezésre állást definiáló lista, amely átlapolódás nélküli időintervallum-szakaszokból áll, és a kezdési időpontok szerint növekvő sorrendbe rendezett.
- Időintervallumonkénti bontásban rendelkezésünkre áll egy erőforrás halmaz, amely szerelő szakmunkásokból áll, akik az időintervallumokban külön-külön előírt számú konfiguráció előkészítésére képesek.
- A cél az, hogy készítsünk ütemtervet a korlátozások betartásával úgy, hogy a határidő túllépés maximális értéke a lehető legkisebb legyen.

Ez a probléma ebben a formájában nagyon nehezen kezelhető. Ezért kidolgoztunk egy probléma-transzformációs eljárást, melynek segítségével a problémát átalakítjuk egy továbbfejlesztett párhuzamos gépes ütemezési feladatra, melyben a rendelkezésre álló gépek száma függ az időtől. A transzformáció lényege a következő:

- Az időintervallumokat a műhelyhez rendelt globális rendszerben besorszámozzuk decimális egészekkel. Ezeket a sorszámokat lépéseknek nevezzük (s). A lépések egy összefüggő sorozatot alkotnak, ez helyettesíti az időtengelyt.
- Mivel egy konfiguráció-előkészítés műveleti ideje egy műszak hosszánál nem lehet nagyobb, ezért a műveleti idők rendre egységnyi értéket (lépést) vesznek fel ($p_i = 1$).
- A munkák időadatait rendre átalakítjuk lépésekre: a legkorábbi indítási időpontot a befogadó műszakot követő műszak lépésszámára (r_i), a határidőt a befogadó műszak sorszámára (d_i) váltjuk át, és a teljesítés időpontját a befogadó műszak sorszámával kifejezett alakban keressük (C_i).
- A munka késését szintén egységnyi lépésben mérjük ($L_i = C_i - d_i$).
- A szerelő szakmunkások halmazát felcseréljük párhuzamosan működő virtuális gépekre (erőforrásokra), amelyek egyszerre csak egy munkán dolgozhatnak, és minden munkán egyszerre csak egy erőforrás dolgozhat. A virtuális gépek száma lépésenként eltérő lehet, melyet szimbolikusan $P(s)$ jelöléssel fejezünk ki. Az

időintervallumban elvégezhető előkészítések számára vonatkozó eredeti korlátozás adja az adott lépésben rendelkezésre álló virtuális gépek számát.

A transzformált feladat megoldására a következő algoritmust dolgoztuk ki:

```
Algoritmus P(s)| pi=1; ri=egész; di=egész | Lmax
Ji-k rendezése ri alapján növekvő sorrendbe;
j := 1;
WHILE j <= n DO
  BEGIN
  s := rj;
  I := {Ji | Ji nem ütemezett és  ri <= s};
  k := 1;
  WHILE I != üres DO
    BEGIN
    Vegyük a legkisebb di-hez tartozó Ji-t az I-ből;
    I := I \ {Ji};
    Ütemezzük Ji-t az s lépés k-adik gépére;
    Ci := s;
    Li := Ci - di;
    j := j + 1;
    IF k + 1 <= P(s)
    THEN k := k + 1;
    ELSE
      BEGIN
        s := s + 1;
        k := 1;
        I := I ∪ {Ji | Ji nem ütemezett és ri <= s}
      END
    END
  END
```

A bemutatott algoritmus minimális késést eredményező megoldást állít elő. Polinomiális futási idő érhető el, ha a munkák indexét az indítási időpontok alapján osztjuk ki. Ha a legnagyobb késés (L_{max}) nullánál nem nagyobb, akkor létezik megvalósítható konfiguráció-előkészítési ütemterv a vizsgált termelési programhoz. Az algoritmus a C_i értékek megadásával egyben elő is állítja a keresett megoldást (ütemtervet). A J_i munkát (konfiguráció-előkészítést) a C_i–edik lépéshez tartozó műszakban kell elvégezni.

5. Következtetések

A cikkben ismertettük egy járműipari összetett termelésprogramozási feladat modellezését és megoldását. A feladat megoldása során a technológiai főfolyamatok mellett különös figyelmet kellett fordítani a szerszám-előkészítési folyamatokra is.

A szerszám-előkészítés ütemezésére egy új modellt dolgoztunk ki, amely időben változó számú párhuzamos gépekből álló erőforrás-környezetet, valamint indítási és befejezési időpontokkal határolt, egységnyi műveleti idejű független munka-halmazt foglal magába. A késések minimalizálására törekedve kidolgoztunk egy feladat-specifikus új megoldó algoritmust, amely polinomiális futási idő alatt optimális megoldás előállítására képes.

A kidolgozott új ütemezési modell és algoritmus hatékonyan alkalmazható egyrészt összetett termelésprogramozási feladatokban a főfolyamatokhoz kapcsolódó segédfolyamatok időben változó erőforrás-korlátainak figyelembe vételére, másrészt párhuzamosan működő erőforrások allokálására határidős ütemezési feladatok esetében.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Allahverdi, A. Ng. C. T., Cheng, T. C. E., Kovalyov M. Y.: *A Survey of Scheduling Problems with Setup Times or Costs*, European Journal of Operational Research, 187, 2008, 985-1032.

[2] Brucker P.: *Scheduling Algorithms*, 5th ed, Springer, 2007, 371.

[3] Kulcsár, Gy., Kulcsárné, F. M.: *Detailed Production Scheduling Based on Multi-Objective Search and Simulation*, Production Systems and Information Engineering, Vol. 6, 2013, 41-56.

[4] Pinedo, M. L.: *Planning and Scheduling in Manufacturing and Service*, 2th ed, Springer, 2009, 537.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 199–202. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.42
http://hdl.handle.net/10598/28658

SŰRÍTETT LEVEGŐVEL HAJTOTT JÁRMŰ TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE

COMPRESSED AIR DRIVEN VEHICLE DESIGN AND CONSTRUCTION

László Zoltán[1], Suteu Hunor[2], Tolvaly-Rosca Ferenc[3]

[1]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, laszlo.zoltan91@gmail.com*

[2]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, suteu.hunor.peter@gmail.com*

[3]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, tferi@ms.sapientia.ro*

Abstract

Compressed air driven vehicles are in an early stage of development worldwide. This type of vehicles may be an alternative drive possibility instead of classical drive systems. Such vehicles are also designed, built and used for racing and product study purposes in Pneumobile Contest organized by Bosch-Rexroth group and actually by Aventics Hungary. The Pneumobiles are built by students from European Universities, and used in the annual Pneumobile Contest. The mechanical chain and construction together with the used control system is presented. The presented vehicle is driven by compressed air system, controlled by a PLC, and it was used in Pneumobile Contest in 2013 and 2014; the whole design and construction was made by TechAirGo Pneumobile team of Sapientia Univeristy, and is it is under continuous development.

Keywords: *compressed air driven vehicle, pneumobile*

Összefoglalás

A sűrített levegővel hajtott járművek kezdeti fejlesztésben vannak világszerte. A sűrített levegővel való hajtás egy alternatívát jelenthet a hagyományos hajtás módokra. Ilyen járműveket terveztek és használnak, verseny és terméktesztelési célokra, az évente a Bosch-Rexroth és Aventics cégek által rendezett Pneumobil versenyeken. A járműveket európai egyetemek diákjai tervezik, építik és használják az évente megrendezett Nemzetközi Pneumobil versenyeken. A hajtáslánca és PLC-t használó vezérlése kerül bemutatásra. Az ismertetett jármű sűrített levegővel működik és 2013-2014 években vett részt, jó eredményekkel, a Pneumobil versenyeken; teljes konstrukciója a Sapientia EMTE TechAirGo Pneumobil csapatának munkája és folyamatos fejlesztés alatt áll.

Kulcsszavak: *sűrített levegő-hajtás, pneumobil.*

1. Általános tervezési előírások

A feladat egy olyan „pneumatikus jármű” – PNEUMOBIL - tervezése és elkészítése, amely a sűrített levegő energiáját alkalmazva, pneumatikus vezérlő és végrehajtó elemek felhasználásával viszi át a nyomatékot a hajtott kerekekre. A minimális kerékszám 3, amelyeknek minimum két nyomsávban kell elhelyezkedniük.

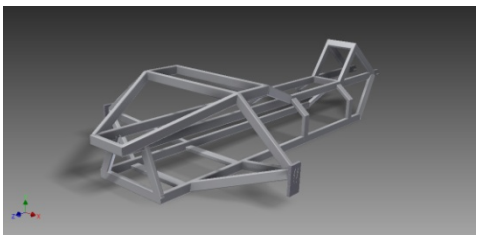
A jármű megengedett hosszúsága max. 2,5 méter, szélessége legfeljebb 1,7 méter. A jármű stabilitása szempontjából fontos a minél alacsonyabb súlypont. Ezért a kialakítás során figyelembe kell venni, hogy a járművezető vállmagassága a vezetési pozícióban nem haladhatja meg a nyomtáv 75%-át, és semmilyen motoralkatrész vagy a palack legmagasabb pontja sem érhet e magasság fölé. Háromkerekű járműveknél a kerekek központja által bezárt háromszög legkisebb szöge nem lehet kevesebb, mint 30°. A szabad has-magassága minimum 70 mm, a jármű tömege nem kötött, de célszerű a minimumra törekedni.

A jármű vázszerkezetének fémből kell készülnie és úgy kell kialakítani, hogy hordozza a sűrített levegős palackot, a teljes hajtásláncot és a hajtott kereket (kerekeket). A vázszerkezet nem tartalmazhat olyan kiálló alkatrészeket, amelybe a vezető probléma esetén beleakadhat, vagy akadályozza ott a járműről való leszállásban (leesésben).

2. A jármű felépítése

2.1. Alváz

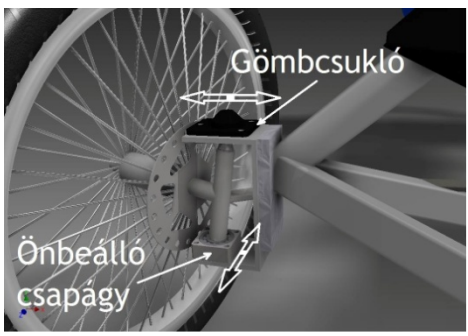
A váz 40x20 mm-es, 2 mm falvastagságú zárszelvényű alumínium profilból készült, a könnyebb megmunkálás miatt választottuk, a csőprofillal szemben (**1. ábra**). A vázon nem találhatóak kiálló, éles elemek, amelyek egy esetleges ütközés esetén károsíthatnák a pilóta épségét és akadályoznák a járműről való fel- és leszállásban. A palack a vázszerkezeten belül kap helyet, a munkahengerek felett és a vezető alatt. A váz tervezése, és kivitelezése közben a szimmetrikus felépítésre törekedtünk: egyenletes súlyeloszlás a kerekekre, a terhelések egyenletesebb eloszlása, és nem utolsósorban a design miatt. A váz tömege 9.97 kg.



1. ábra. *A jármű vázszerkezetének testmodellje*

2.2 Felfüggesztés

A jármű háromkerekű. Elől két 20" átmérőjű, küllőzött, kerékpár kerék. Gumival együtt 510 mm a kerék átmérője. A kúpos csapágyazású kerékpáragyat átalakítva, ipari csapágyat helyeztünk bele, így egy pontban rögzített tengelyt alkalmazunk. A hátsó kerék kerékpárhoz hasonló villába van rögzítve, amit szintén alumínium profilból alakítottunk ki. A kerekek mereven csatlakoznak a vázhoz, de állítható szögben, mivel szükség van az utólagos futószög állításra is (**2. ábra**).

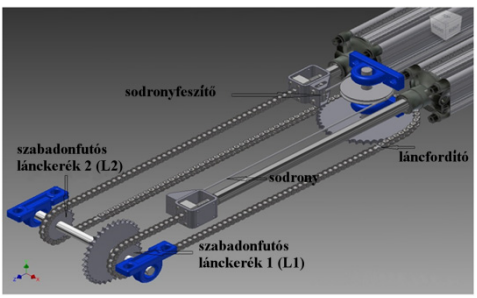


2. ábra. *Járműfelfüggesztés*

A kerékcsap felül egy gömbcsuklóba, alul pedig önbeálló csapágyba illeszkedik, így már pontosan állíthatóvá válik, mint a kerékdőlés, mint a csapdőlés.

2.3. Hajtáslánc

A hajtáslánc alapeleme a motor, amely 2 darab D=80 mm átmérőjű és L=500 mm löketű pneumatikus munkahengerre épül, amelyek egyenként 2,51 és összesen 5,02 liter lökettérfogattal rendelkeznek. A lineáris mozgás forgómozgássá való alakítása egy lánckerék segítségével történik: egy tengelyre reteszelt, két azonos irányba hajtó szabadonfutóval szerelt lánckerék alakítja át a lánc lineáris vonó mozgását forgó mozgássá. Ezen a tengelyen helyezkedik el egy harmadik lánckerék, amely egy újabb lánckeréken át hajtja az agyváltóval szerelt hajtókereket (**3. ábra**).



3. ábra. *A hajtáslánc testmodellje*

A két munkahenger ellentétes ütemben dolgozik, minden egyes ütemben meghajtva a szabadonfutós lánckerekekkel ellátott tengelyt (főtengelyt), ezáltal biztosítva a jármű folyamatos haladását. A lánc optimális feszességének- illetve a munkahengerek ellentétes ütemű munkavégzésének megőrzése érdekében, 3 mm átmérőjű acélsodronyt használunk.

Egy munkahenger által kifejtett erő P = 10 bar nyomáson a nagy munkatérbe F = 5 kN, míg a kisseb munkatérben F = 4,53kN. így F_{max} = 9,53 kN erővel húzza a lánc az L1 és L2-es lánckerekeket. Ezek átmérője d~73 mm, így a főtengely forgatónyomatéka M_{max} = 347,8 Nm. A főtengelyen megjelenő nagy nyomaték és a két egyirányú tengelykapcsoló közti távolság miatt megjelenő csavarási igénybevétellel nem lehetne az alumínium alvázat egyenesen terhelni, ezért a motornak egy különálló acél tartóváza van, moduláris felépítésben, amely egyben merevíti az alvázat is.

2.4. Vezérlés

A pneumatikus körök vezérlésére L10-es típusú PLC használunk. Ez moduláris felépítésű, standardizált I/O rendszere van, a követelményeknek megfelelően bővíthető a ki-/ bemenetek (analóg/digitális) száma. A Pneumobil bemeneteit és kimeneteit az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat. *A vezérélő PLC bemenetei és kimenetei*

Analóg	
Bemenetek	Kimenetek
Nyomásmérő szenzor A1	Nyomás szabályzó
Nyomásmérő szenzor A2	
Nyomásmérő szenzor B1	
Nyomásmérő szenzor B2	
Gázkar potenciométer	
Digitális	
Végállás-jelző relé A1	Szelep A01
Végállás-jelző relé A2	Szelep A10
Végállás-jelző relé B1	Szelep B01
Végállás-jelző relé B2	Szelep B10
Sebességmérő relé	Szelep AEXP
Üzemmód kapcsoló	Szelep AEXP
	Szelep PUFF
Reed relé A1S	
Reed relé A2S	
Reed relé A1E	
Reed relé A2E	
Reed relé B1S	
Reed relé B2S	

A program 2 nagy részre bontható, a különböző üzemmódokat kapcsoló segítségével válthatjuk.

2.4.1. Gyorsági/Ügyességi üzemmód

Ebben az esetben a cél az, hogy a 2 munkahengerrel minél nagyobb teljesít-

ményt érjünk el, azaz a jármű maximális sebességgel és gyorsulással haladjon. A vezérlést szabályozni lehet, a beavatkozó a pilóta, aki az eletro-pneumatikus nyomásszabályzót vezérli egy gázkar segítségével, a sűrített levegő nyomását változtatva 1-10 bár között [1].

2.4.2. Távolsági/ Takarékos üzemmód

A távolsági versenyszám feltétele a 15km/h-s átlagsebesség, ezért a program az aktuális sebességet felhasználva folyamatosan kiszámolja a jármű átlagsebességét és ennek függvényében úgy működteti a munkahengereket, hogy az átlagsebesség ne essen az előírt alá. Amikor az átlagsebesség 15 km/h felett van, ekkor a munkahengerek teljesen leállnak, a jármű szabadon gurul, illetve amikor az átlagsebesség nem éri el a versenyben kiírt minimális átlagsebességet akkor növeli a munkahengerbe belépő levegő nyomását.

2.4.3. A szenzorok elhelyezése

A PLC-n futó saját készítésű program, a két munkahengereken található 3-3 db Reed típusú relékkel (**4. ábra**.) a munkahengerek sebességét, illetve a hengerek végein található nyomásmérő szenzorok segítségével a munkahengerben lévő nyomást méri [1]. A sebességet és a nyomást ismerve meghatározhatjuk, hogy mikor zárhatjuk el a bemenő levegőt, mivel a bent lévő levegő tágulási energiája elegendő a munkahenger kilökéséhez, azaz a kilépő levegő nyomása közelít az 1 bárhoz [2, 3].

4. ábra. *A szenzorok elhelyezése a munkahengereken*

3. Eredmények

A versenyen való részvétel a jármű teljes dokumentációjának elkészítését is jelentette, így az **5. ábrán** látható testmodell is.

5. ábra. *A tervezett és ekészített jármű testmodellje*

Versenykörülmények között az általunk készített jármű nagyon jó eredményekkel szerepelt a 2013 és 2014-es Pneumobil versenyeken:

- legnagyobb megtett távolság - 4509 m;
- legnagyobb sebesség – 38.3 km/h
- ügyességi futam - 6-ik hely

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Forgó, Z., *Bevezetés a mechatronikába*, Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 2009.

[2] Pashkov, E., Osinsky, Y., Chetvioorkin, A., *Electropneumatics in Manufacturing Processes*, Isdatelstvo SevNTU, Sevastopol, 2004.

[3] Kakucs A., *Műszaki hőtan*, Editura Scientia, Cluj-Napoca, 2004.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 203–206. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.43
http://hdl.handle.net/10598/28624

ROBOGUIDE 3D-s SZIMULÁCIÓS RENDSZER BEMUTATÁSA ÉS ELEMZÉSE

ROBOGUIDE 3D SIMULATION'S SYSTEM INTRODUCING AND ANALYSING

Leite Clayton Frederick Souza[1], Cavalcanti Marília Cordeiro[2]

[1]*Universidade Federal de Pernambuco - Centro de Tecnologia e Geociências; Brasil, Recife, Rua Av. da Arquitetura, s/nº, CEP 50740-550; Telephone: +36-30-5451206; clayton.frederick@gmail.com*

[2]*Universidade Federal de Pernambuco - Centro de Tecnologia e Geociências; Brasil, Recife, Rua Av. da Arquitetura, s/nº, CEP 50740-550; Telephone: +36-30-5451181; lila_cordeiro18@hotmail.com*

Abstract

This paper introduces the FANUC's ROBOGUIDE which is a family of robot simulation software products whose purpose is to assist engineers in designing, programming and testing robot processes in a 3D environment without the need of developing a prototype work cell. It shall be described the both methods for producing a simulation in this software along with its characteristics such as the basic commands, common bugs, possibilities and relations with the real life robot programming in industries. Some examples are also depicted in this work.

Keywords: *Roboguide, teach pendant, 3D Simulation*

Összefoglalás

Ebben a cikkben a FANUC cég, ROBOGUIDE nevű 3D-s szimulációs rendszerét mutatjuk be és elemezzük. A szimulációs rendszer célja a mérnöki tervezés segítése, úgy a programozásban, mint a robotcella megtervezésében, és későbbiekben a folyamat elemzésében. A szimulációs rendszerek nagy előnye, hogy a költséges prototípus-cella legyártása nélkül is bizonyos folyamatok elemzésére és alapvető hibák elkerülésére nyújt lehetőséget. Továbbá, megemlítésre kerül a szimulációs rendszer kétfajta programozási lehetősége (*betanító panelen* keresztüli programozás, és az '*off-line*' programozás), és mindezek mellett megemlítésre kerülnek a rendszerrel kapcsolatos jellegzetességek (előnyök, hátrányok). A cikkben az egyes szituációk példákkal lesznek alátámasztva.

Kulcsszavak: *roboguide, betanító panel, 3D-szimuláció.*

1. Introduction to the Roboguide software

Designing, programming and testing robot processes in real life can be quite difficult, expensive, time demanding and troublesome. For this reason, there are some computer applications which give the possibility to virtually create complex and sophisticated robot processes by providing the user with solid simulation tools; for example, the FANUC's ROBOGUIDE family of robot simulation software

products. With this software, it's also possible to observe the operation and performance in animated simulation, to evaluate cycle times and reach as well as to check for possible interferences between the robot and other objects. And one important feature of the software is that the interface is easy and intuitive when creating a virtual work cell, so special skills for this are not required.

The Simulation Program and the Teach Pendant are the two methods available for simulating robot programs in the software environment and shall be discussed here.

2. Task

The given task consists in presenting the Simulation Program method by introducing the program interface, describing the basic commands possible to implement and revealing the common bugs present which makes the use of this method troublesome in certain occasions. Also the Teach Pendant method shall be discussed, exemplified and presented its relation to the real life robot programming.

3. The Simulation Program

The Simulation Program represents the off-line programming mode for developing the process which a given work cell should perform and it consists of adding commands as simple as moving from one position to another, waiting for a set time, picking up an object and dropping it. The user is able to import CAD models of parts, machines tools and work cells, so the environment can be practically identical to the real situation.

The interface is friendly without any further difficulty when using the software, and it is possible to visualize the work envelope which determines the area where the robot can actually work. When two or more robots are working with a common part, it is necessary to make sure that the work envelope of both robots share a common area.

3.1. Basic commands

3.1.1 Position

This command is used to create paths to be followed, the movement itself of the robot. Once the user records position P1, by setting up its coordinates in the work place, and then records a different position P2, the software will create a path from P1 to P2.

3.1.2 Wait command

It will create a delay which the robot should wait until executing the next command.

3.1.3 Pickup command

As its name says, it will pick up a part from a certain fixture by using the robot tool, such as a gripper, for instance.

3.1.4 Drop Command

The drop command will allow a part to be dropped from the robot tool onto a fixture.

3.2. Bugs

3.2.1 Gripper position

When a gripper is added to the robot its position is turned from 90°. To fix that, the user must change the tool's properties.

3.2.2 Pickup / Drop

Another bug of this software happens when the user tries to simulate the pickup from a fixture and the drop of this part on the same fixture. Instead of the part staying in the final position, it will automatically come back to the initial position after the drop command.

To fix that, the user must create a second fixture which visibility will be set to transparent and then place it exactly over the first fixture. This way, there will be

different places for the pickup and drop command.

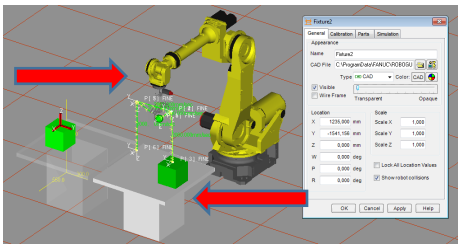


Figure 1. *Setting the visibility for pickup and drop of a part on the same fixture.*

4. The Teach Pendant

4.1 The device

Teach pendants are handheld devices used in industrial applications to program and control robots in performing a specific task. In order to create a program using the teach pendant, the operator makes use of its buttons and switches to provide the robot with information about position, speed, delays and other specific functions such as the opening and closing of a gripper. It is also possible to create more complex programs since the teach pendant can handle digital and analog inputs and outputs, execute conditional jumps as well as store temporary data in registers.

The FANUC's Roboguide HandlingPRO software is provided with a Teach Pendant tool which can be used to simulate the programming of the robots in the software's 3D space.

Figure 2. *An actual Teach Pendant*

4.2 An example program

The figure 3 shows a robot, a box, a conveyor and a cart. In the simulation, a conveyor carries the box to a certain position where the robot should pick it up and place it onto the cart. In the figure, it is showed the first steps the robot should take. Firstly, the robot should get to an initial position and following this the Teach Pendant sends an ON signal to the conveyor motor which is switched to OFF after a Wait command of 1.3 seconds. The robot should then approach the box to pick it up.

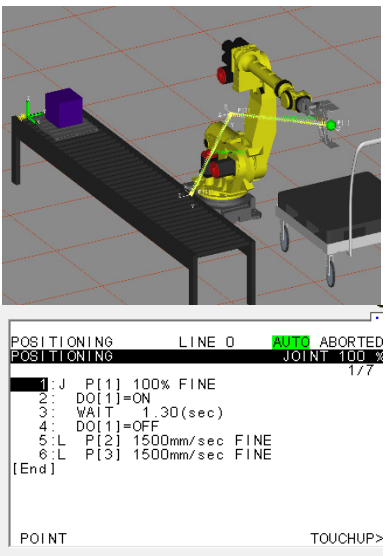


Figure 3. *Example of Teach Pendant program*

However the pickup action should be performed by the Simulation Program, since the Teach Pendant method on the software can't actually simulate the physics of holding a box – that means, the friction forces involved in this action - by only the closing of the gripper. That leads to the use of the Teach Pendant and the Simulation Program together.

Programs created on the Teach Pendant are called as macros into the Simulation Program and intercalated with the pickup and drop actions. The macros for carrying the box and getting back to the original position are created similarly as the positioning macro.

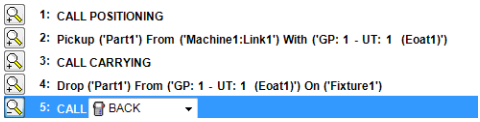


Figure 4. *The use of the Simulation Program with Teach Pendant macros*

5. Conclusion

For its simplicity, accuracy and similarity to the real life conditions of application, this software represents a powerful tool. Its uses for educational purpose may increase the interest of those who want to learn about robot control programming, while in the industrial field, its potential to test and optimize programs before implementation represents a great improvement to this field. However it has some issues or bugs which have to be fixed before it can guarantee the best experience for the engineer in the industrial area.

Acknowledgements

The authors express their gratitude for CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) and the Science without Borders program for the scholarship granted under process number 88888.056975/2013-00 and 88888.058539/2013-00. The project was also assisted by the European Union, with the co-financing of the European Social Fund, TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002. This work was also sponsored by the Hungarian National Scientific Fund (OTKA 105846).

References

[1] Nagy, I., Bencsik, A.L.: *A Simulation System for Behaviour-based Potential Field Building in Multi-agent Mobile Robot System*, Proc. of 3rd Int. Conf. IAESTED, Canada, Banf, 2007, 7-12.

[2] FANUC Robotics Ibérica S.L.: *Robótica Programación FANUC*.

[3] Werner Schollenberger: *Accompanying Training Manual*. FANUC Robotics Deutschland GmbH.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 207–210. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.44
http://hdl.handle.net/10598/28674

$IrO_2 \cdot SnO_2$ NANOKOMPOZIT VÉKONYRÉTEGEK ELEKTROKÉMIAI VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

INVESTIGATIONS ON ELECTROCHEMICAL BEHAVIOUR OF $IrO_2 \cdot SnO_2$ NANOCOMPOSITE THIN LAYERS

Manciula Dorin[1], Kormos Fiammetta[2], Bitay Enikő[3], Holczer Emil[2], Veress Erzsébet[4]

[1]*Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Sciences and Engineering, Department of Environmental Analysis and Engineering, 400294 Romania, Cluj, Fantanele 30, Tel. +40-264-307030, dimro21@gmail.com*

[2]*DEKRA Certification SRL, 131 Brancusi, RO-400458 Cluj (Kolozsvár), Tel/Fax +40 264443598 dekra@dekracert.ro*

[3]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Humán Tudományok Kar,540485 Târgu-Mureş, O.p. 9, C.p. 4., Tel.+40-751-016063, ebitay@ms.sapientia.ro*

[4]*Erdélyi Múzeum-Egyesület, 400750 Romania, Cluj/Kolozsvár, OP 1 CP 191, Tel. +40-743-119275, veresserzsebet@gmail.com.*

Abstract

Structural characteristics and electrochemical behaviour of Ir_2O_3 doped SnO_2 coatings ($IrO_2 \cdot SnO_2$, IrTO) prepared by sol-gel method and deposited on Ti plate support were studied. Doping with Ir_2O_3 increase the electrocatalytic activity and the electrical conductivity of the SnO_2 matrix, assuring in the same time good structural properties and good mechanical, thermal and chemical stability. The surface modified Ti plates mounted as sensing unit in PVC body were successfully tested as potentiometric pH sensors.

Keywords: *$IrO_2.SnO_2$, thin layers, electrochemical sensors, pH measurement*

Összefoglalás

Titánlemez hordozón szol-gél eljárással kialakított nanoszemcsés (d=80-120 nm) vegyes oxid $IrO_2 \cdot SnO_2$ (IrTO) filmek elektrokémiai viselkedését és pH szenzorként való alkalmazásuk lehetőségeit vizsgáltuk. Az elektrokémiai szempontból aktív komponensnek tekinthető IrO_2 adalék jelenlétében az SnO_2 matrix vezetőképessége megnőtt, elektrokatalitikus hatása erősödött. A nanokompozit bevonatok jó eredménnyel alkalmazthatók érzékelő rétegként ipari pH szenzorokba építve.

Kulcsszavak *$IrO_2.SnO_2$, vékonyrétegek, elektrokémiai szenzorok, pH mérés.*

1. Bevezetés

A nanostrukturált félvezető vegyes oxid filmek számos területen alkalmazhatók, mint szerkezeti és funkcionális anyagok. A legkülönbözőbb hordozófelületeken (üveg, kerámia, fém, szerves polimerek) kialakítható nanokompozit vékonyréteg bevonatok alkalmazása jelentősen csökkenti a felhasználandó anyagmennyiségeket, és

számos iparágban új lehetőségeket teremt a műszaki fejlesztés számára. Különböző elektrokémiailag aktív fémoxidokkal (IrO_2, Sb_2O_3, RuO_2, TiO_2, WO_3, PtO_2, PdO, stb.) doppolt SnO_2 bevonatos felületmódosítással előállíthatók hosszú élettartamú mérettartó anódok (DSA), elektrokémiai mikro- és nanoszenzorok, napelemek, „intelligens" és korrózióvédelmi bevonatok, stb. [1]. Vékonyréteg bevonatok alkalmazásával az általában nagyon drága doppoló aktív oxid(ok) szükséges mennyisége a binér (esetenként ternér) vegyes oxidban (és a gyártási költség ebből adódó hányada is) arra a minimális értékre csökkenthető, amely még biztosítja a rendszer megfelelő elektrokatalitikus aktivitását és stabilitását

Az $IrO_2{\cdot}SnO_2$ (IrTO) bevonatok nanostrukturált n típusú félvezető vékonyrétegek. Nagy mechanikai, kémiai és hőstabilitásuknak köszönhetően hosszú élettartamuk, elektrokémiai tulajdonságaik a platináéhoz hasonlóak. Tulajdonságaik azonban nagymértékben függnek a bevonatok előállításának körülményeitől: a prekurzorok természetétől és koncentrációjától, a vékonyréteg leválasztási technológia típusától és paramétereitől, a szubsztrátum (hordozó) anyagától és felületi állapotától. A választott *szol-gél eljárás* több ok miatt is alkalmas olcsó, alacsony doppoló oxid tartalmú vegyes oxidok előállítására: nem igényel vízmentes reakciókörülményeket, megfelel vékonyrétegek készítéséhez, a reakciókomponensek arányának és a kiégetés (ráégetés) hőmérsékletének és időtartamának megfelelő megválasztásával pedig szükség szerint módosítható a végtermék vegyes oxid átlagos szemcsemérete és kristályfázis összetétele [1].

Kutatásunk során 1 cm^2 alapterületű, korong alakú, teljesen sima, síkfelületű, 0.3 mm vastagságú síkpárhuzamos Ti lemezen állítottunk elő vékonyréteg $IrO_2{\cdot}SnO_2$ (IrTO) bevonatokat, majd a nanoszemcsés (d=80-120 nm) IrTO bevonatok potenciometriás pH elektródként való viselkedését vizsgáltuk, a gyakorlati felhasználás lehetőségeinek szempontjából.

2. Kísérleti rész

2.1. A vékonyrétegek előállítása

Az IrTO bevonatok készítésére alkalmazott szol-gél eljárás során a szol, majd gél alkoxidok savas közegben végbemenő hidrolízisével, majd kondenzációjával keletkezett. Az erre használt szol prekurzor H_2IrCl_6 0.1 M és $SnCl_4$ 0.9 M propanolos-izopropanolos-vizes oldata volt. A homogén szolt egy vagy több rétegben a megfelelően előkezelt Ti lemezre ecseteltük, majd 60°C-on történő szárítás után a bevonatot 350–400°C-on a lemezre égettük

A prekurzorból savas (HCl) közegben keletkező alkoxidok alkoholízisével kondenzációs-polimerizációs folyamatban nanostrukturált, mikro-, illetve nanokristályos szerkezetű $IrO_2{\cdot}SnO_2$ keletkezett.

A részfolyamatok [1]:

$$MCl_4 + 4ROH \rightarrow M(OR)_4 + 4HCl$$

$$M(OR)_4 + H_2O \rightarrow M(OR)_3OH + ROH$$

$$M(OR)_3OH + M(OR)_4 \rightarrow (RO)_3M\text{-}O\text{-}(RO)_3 + ROH$$

hőbomlás

$$(RO)_3M\text{-}O\text{-}M(RO)_3 \rightarrow\rightarrow\rightarrow 2\,MO_2 + 2\,R_2O$$

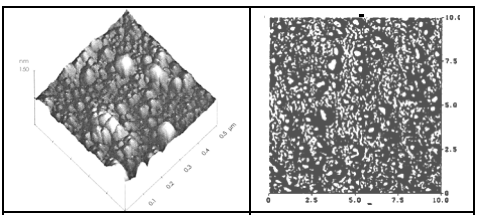
(M – Sn, Ir; ROH – PrOH, i-PrOH)

2.2. A vékonyrétegek vizsgálata

Az $IrO_2.SnO_2$ filmek *elemösszetételének* ZEISS EVO 40 XVP SEM mikroszkóphoz csatolt energiadiszperzív elemanalizátorral történő meghatározása igazolta az Ir doppolónak a prekurzor oldat koncentrációja szerinti jelenlétét.

A vékonyrétegek *felületi topográfiáját* Nanoscope Dimension 3100 AFM mikroszkóppal (**1.a. ábra**), *morfológiáját* ZEISS EVO 40 XVP SEM mikroszkóppal, (**1.b. ábra**) illetve Philips PW 3710

röntgendiffraktométerrel vizsgáltuk (Cu Kα 1.5405 Å, 2θ = 10–70°).



a. b.

1. ábra. *Az IrTO filmek topográfiája (a) és morfológiája (b).*

A mikroszkópos felvételek szerint a 400°C hőmérsékleten kiégetett bevonatok kielégítően egyenletesek, közelítőleg gömb alakú nano- és mikroméretű, átlagosan 105 nm átmérőjű szemcsékből állnak.

XRD adatok szerint a 300°C-on égetett minták esetében a kassziterit (SnO_2) mellett nagyobbrészt hidratált IrO_2 jelentkezik, a 400°C-on égetett filmekben azonban már csupán tetragonális, rutil-szerkezetű IrO_2 van jelen [2].

A korrózióállóságot (kémiai ellenállást) a felületi ellenállás és az elektrokémiai potenciál időbeni változásával jellemeztük. Az elektromos és az elektrokémiai jellemzők mérését 25°C-on végeztük.

Az *R felületi ellenállást* négytűs (van der Pauw) módszerrel határoztuk meg (Keithley 192 DMM). Az E_{korr} *potenciál* meghatározása VoltaLab 40 (Radiometer) elektrokémiai mérőrendszerrel, standard három elektródos elektrolizáló cellában történt (IrTO bevonatos munkaelektród, telített kalomel (SCE) referens elektród, Pt lap segédelektród).

Az egyes korrozív környezetekkel szembeni viselkedést két-két, eltérő számú (1, 2, 3) ecseteléssel készült, és eltérő hőmérsékleten (300, 350 és 400°C) égetett IrTO/Ti elektródra vizsgáltuk meg. Mind közül a legstabilabb viselkedést a háromszoros rétegvastagságú, 400 °C-on kalcinált elektródok esetében tapasztaltuk, jellemzőiket az **1. táblázatban** foglaltuk össze.

1. táblázat. *Az IrTO/Ti rendszerek savas és lúgos közeggel szembeni, valamint tömény sós oldatban való kémiai ellenállása.*

Napok	Korrozív közeg					
	$HClO_4$ 1M		NaOH 1M		NaCl 1M	
	R Ω	E_{korr} mV	R Ω	E_{korr} mV	R Ω	E_{korr} mV
1	38	-86	47	-380	42	-230
3	38	-86	48	-380	42	-230
7	39	-85	50	-377	42	-227
10	39	-84	50	-378	42	-228
15	40	-83	51	-377	44	-226
20	47	-74	52	-377	44	-227
30	56	-69	54	-375	45	-227
40	70	-58	58	-362	54	-210
50	82	-32	60	-350	67	-193
60	120	-18	76	-320	80	-176

Mint az **1. táblázat** adatai alapján megállapítható, az IrTO elektródok stabilitása legjobb (30 nap) az 1M NaCl oldatban, bár gyakorlati szempontból kielégítő (15 nap) a vele szemben legagresszívebbnek bizonyuló 1M $HClO_4$ oldatban is. A pH-elektródként való alkalmazás szempontjából legfontosabb, hogy az üvegelektródoktól eltérően az IrTO film elektród kémiai és elektrokémiai stabilitása csaknem olyan erősen lúgos közegben (25 nap), mint a sóoldatban.

2.3. Az IrTO/Ti pH-elektród

Az IrO_2 pH érzékelő mechanizmusa az iridium-oxid két oxidációs állapota közötti alábbi három lehetséges redox interkalációs egyensúlyon alapul [3]; :

$$Ir_2O_3 + 6H^+ + 6e^- \leftrightarrow 2Ir + 3H_2O \quad (1)$$

$$IrO_2 + 4H^+ + 4e^- \leftrightarrow Ir + 2H_2O \quad (2)$$

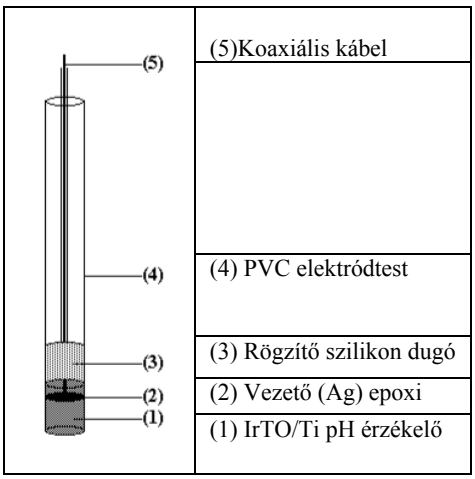
$$2IrO_2 + 2H^+ + 2e^- \leftrightarrow Ir_2O_3 + H_2O \quad (3)$$

A pH-tól függő redox potenciál (1-3):

$E = E° - 2.303\ (RT/F)pH = E° - 0.05916\ pH$

$E° = 926$ mV a standard hidrogén elektród (SHE) esetében.

A pH szenzorként tesztelt vékonyréteg bevonatos titán lemezeket PVC elektródtestbe rögzítettük (**2. ábra**).



2. ábra. *Az IrTO/Ti pH-elektród konstrukciója.*

Az IrTO/Ti pH szenzorok elektródparamétereit a 2. ábrának megfelelően egy 10 elektródból álló csoporton határoztuk meg, az üvegelektródok esetében használatos kalibrációs módszerrel, 25°C-on, a következő standard puffer oldatokban: pH=1.68; 4.01; 6.86; 9.18; 12.45. Az így meghatározott átlagos elektródparamétereket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. *Ipari pH-üvegelektródok (GE) és IrTO/Ti pH szenzorok (IrTO E) átlagos elektródparaméterei (25°C).*

Elektródparaméterek	GE	IrTO E
Linearitás (pH)	1 ÷ 14	2 ÷ 12
ΔE/Δ pH (mV/pH)	58	60
Válaszidő (s)	30	35
Pontosság (pH)	± 0,05	± 0,15
Reproduktibilitás (mV)	± 1	± 3
Rekalibrációs idő	30 nap	30 nap

3. Következtetések

A dolgozatban bemutatott adatok alapján a vizsgált IrTO pH szenzorok a mérési pontosság, a reproduktibilitás és az elektródtípus jellegéből természetszerűen adódó enyhén szuper-Nernsti választ leszámítva állják a versenyt a mindmáig legáltalánosabban elterjedt üvegelektróddal, előállításuk pedig sokkal egyszerűbb és olcsóbb, sokkal robusztusabbak, és a vékonyréteg technológiából adódóan sokkal alkalmasabbak mikro- és nanoszenzorok kifejlesztésére, akár sejten belüli mérésekhez is [3].

Szakirodalmi hivatkozások

[1] da Silva, G.M. és mások: *Development of low-cost metal oxide pH electrodes based on the polymeric precursor method*, Analytica Chimica Acta 616 (1), 2008, 36–41.

[2] Felix, C. és mások: *Synthesis, characterisation and evaluation of IrO2 based binary metal oxide electrocatalysts for oxygen evolution reaction*, International Journal of Electrochemical Science, 7, 2012, 12064–12077.

[3] Wen-Ding Huang és mások: *A flexible pH sensor based on the iridium oxide sensing film*, Sensors and Actuators A: Physical, 169 (1), 2011, 1–11.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 211–214. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.45
http://hdl.handle.net/10598/28660

STIRLING MOTOROS NAPERŐMŰ

STIRLING ENGINE FOR SOLAR ELECTRIC POWER SYSTEMS

Máriás Nimród[1], Tolvaly-Roșca Ferenc[2]

[1]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, mariasnimrod@yahoo.com*

[2]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, tferi@ms.sapientia.ro*

Abstract

Stirling Engine is a heat engine that operates by cyclic compression and expansion of a gas at different temperatures, noted for high efficiency compared to other engine types. The engine can use almost any external heat source as well solar energy. A design and a practical construction of a Stirling type engine is presented, using He gas as fluid, and as external power solar energy will be used. Using the renewable solar energy as heating system, this kind of engines could become increasingly significant as an environment friendly technical solution. The system is under construction. Some parts are already completed or partially finished; the whole assembly will be completed in May 2015.

Keywords: *Stirling engine, solar energy, environmental friendly.*

Összefoglalás

A Stirling típusú motor egy magas hatásfokú, ciklikus zárt rendszerben lévő változó hőmérsékletű gáz összenyomásán és kiterjedésen alapuló hőerőgép. A rendszer szinte bármilyen típusú energiaforrást alkalmazhat a melegítésre úgy, mint napenergiát is. Egy Hélium gázzal töltött naperőmű-rendszer tervezése és kivitelezése kerül bemutatásra. Meggyeződésünk, hogy a fosszilis energiaforrások fogyásával, a Stirling motor külső hőforrásaként a megújuló napenergiát használva, teljesen környezetkímélő műszaki megoldást eredményez, amely az elkövetkező években folyamatosan növekvő fontosságra fog szert tenni.

Kulcsszavak: *Stirling motor, napenergia, környezetbarát.*

1. A napenergia használata Stirling motor hőforrásként

Napjainkban egyre nagyobb az energiaválság, rengeteg olyan berendezéseink vannak, amelyek energiát fogyasztanak, és ezek táplálásáról gondoskodni kell. A fosszilis energiahordozók is kezdenek kiapadni, ezért egyre több helyen hallunk a megújuló energia hasznosításáról. Egyik alapvető energiaforrásunk a Nap és annak a Földre jutó igen széles frekvenciaspektrumú energiasugárzása. A napfényt felhasználhatjuk optikai megvezetőkkel épületvilágításra, átalakíthatjuk elektromos árammá a fotovoltaikus cellák segítségével, az infravörös sugárzási tartományban levő sugarakat begyűjthetjük napkollektorok segítségével és hővé alakíthatjuk. Az utóbbi években megjelentek a koncentrált sugarú naperő-

művek, amelyen nagy hatásfokkal hasznosítják a Nap sugárzását.

Célunk egy olyan rendszer megépítése, amely kielégíti egy háztartás energiaigényét, vagy legalább annak jelentős részét. Az elképzelt rendszer az év legtöbb napján nagy hatásfokkal hasznosítaná a napfényt, nagyobb hatásfokkal, mint a napelemek 25%-os hatásfoka. Ezért választás egy naperőműre esett, amely parabolacsésze alakú tükör segítségével a tükör felületére érkező napfényt egy fókuszpontba összpontosítja, majd az ott keletkező nagy energiasűrűséget tovább hasznosítja hő, és elektromos áram formájában.

2. Stirling motoros naperőmű

A Stirling motoros naperőmű két fő alkotóelemre épül:

- parabolacsésze alakú reflektor;
- az energia átalakító egység - Stirling motor.

2.1. A parabola reflektor

Mivel a Föld nagyon távol helyezkedik el a Naptól, ezért a Földre eső napsugarak terjedési iránya közel párhuzamos. Párhuzamos fénysugárzás összegyűjtésére vagy optikai lencséket, vagy pedig parabola alakú reflektorokat használnak. Naperőműveknél nagy mennyiségű napfényt kell begyűjteni, ezért több méter átmérőjű lencsék alkalmazását tenné szükségessé. Erre a célra kiválóan alkalmas a parabolatükör, amelyet több kisebb méretű tükörből építik fel. Emiatt nem nagyok a gyártási költségek, illetve jelentős méretű parabolatükrök is készíthetők. Természetesen kell gondoskodni egy fém, vagy kompozit tartóvázról is, amire a tükröket felfogatják.

Parabolatükrös naperőműveknél gondoskodni kell arról, hogy a parabolareflektor mindig a Nap fele nézzen. Ha a parabolareflektor a Földhöz képest rögzített lenne, a Napnak az égbolton való mozgása folytán a reflektorról visszavert fénysugarak fókuszpontja is folyamatosan elmozdulna. Ezért egy a reflektort mozgatni kell, a Nap mozgását követve. Ennek megvalósítására egy csuklós szerelési rendszert kell mozgatni vezérlő elektronikai berendezés segítségével. Parabolatükrös naperőműveknél két tengely mentén történik a parabolatükör forgatása. A reflektort el lehet forgatni a függőleges tengelye mentén (azimut) és lehet változtatni a dőlését is a vízszintes tengely mentén a horizonthoz képest (eleváció).

A megtervezett és megépített parabolatükör adatai a következők:

Parabolatükör átmérő: 2700 mm

Fókusztávolság: 1500 mm

Beesési felület: 4,5 m^2

A tükör tartóváza acél zárszelvényekből készült hegesztéssel (**1. ábra**).

1. ábra. *A reflektor tartóváza*

Acélidomokból készült a parabolacsésze tartóoszlopa és a keresztidom is, amelynek szerepe az egyensúly biztosítása a reflektor és a motor között, így a parabolatükör megdöntését a minimális energia befektetéssel lehet megvalósítani (**2. ábra**).

A tartóoszlopban található a függőleges tengely csapágyazása is. A parabolatükör csapágyai az UCP 208-as, önbeállós csap-

ágyak, amelyek gyári csapágyházzal rendelkeznek.

2. ábra. *A tükör függőleges mozgást biztosító szerelése*

A parabolacsésze tükrei 150x1500 mm szalagokban érkeztek, amelyeket tovább daraboltunk és szintetikus gumi alapanyagú ragasztóval rögzítettünk a parabolacsésze fémvázához.

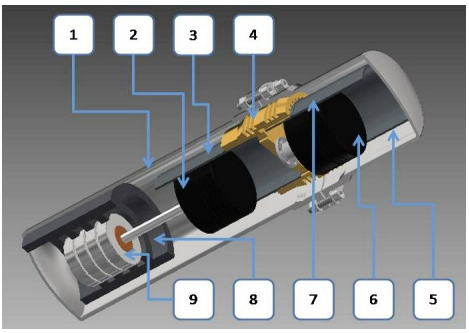
2.2. A Stirling motor

A Stirling motorok hengerében található a munkavégző gáz, amelyet a hengerben felhevítünk, majd a kiszorító dugattyúval átnyomunk egy hűtött hengerbe. Itt a hőelvonás miatt a gáz lehűl, és nyomáscsökkenés lép fel, ami következtében a hideg hengerben levő munkadugattyú elmozdul. Ez a folyamat ciklikusan ismétlődik.

Napjainkra rengeteg típusú Stirling motort találtak fel, de ezek eredetét és működését nézve három csoport egyikére vezethetjük vissza. A szakirodalom [1, 2] három alapvető típusú Stirling motort különböztet meg: Alfa, Beta és Gamma típusú Stirling motort.

A beta típusú Stirling motort továbbfejlesztették, elhagyták belőle a dugattyúkarokat, meg a főtengelyt. Ezáltal csökkentették a motor veszteségeit. Viszonylag nagyon keveset hallunk a Stirling motorokról, mert kevésbé elterjedtek. De a hadseregtől az űrkutatásig szívesen használják őket, mint energia-átalakítókat. A fejünk fölött éjjelnappal röpködő műholdak energiaellátását nem a hírésztelt napelemek segítségével végzik, hanem a műholdban található egy szabaddugattyús Stirling motor melyet a Rádium nukleáris bomlása működtet évtizeden keresztül.

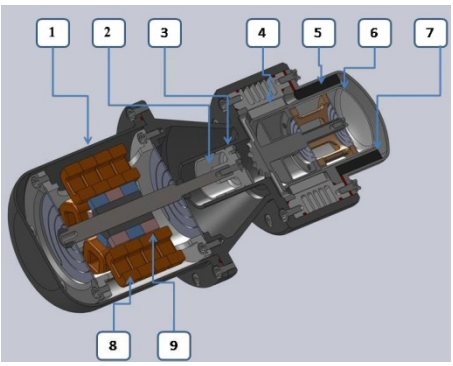
A tervezett Stirling motor a [3] szakirodalomban ismertetett 15 kW-os motor alapján készül, a testmodellje a **3. ábrán** látható.



3. ábra. *Az elkészítés alatt álló motor testmodellje. 1-Nyomásköpeny; 2-Munkadugattyú; 3-Munkahenger;4-Hűtő; 5-Regenerátor; 6-Kiszorító dugattyú; 7-Meleghenger; 8-Lineáris alternátor tekercsek; 9-Neodímium mágnesek*

Az épülő motor hengerei egy Peugeot motor bontásából származnak. A Stirling motor hűtőjét 110 mm átmérőjű alumíniumhengerből, a közrefogó csőkarimákat S235-ös acélhengerekből esztergáltuk. A csőkarimák a hűtővel, kúpos kötés segítségével illeszkednek egymáshoz, hogy a motorban levő nagynyomású hélium szivárgását megakadályozzák. A csőkarimára rahegesztett 110 mm átmérőjű acélcső belsejében helyezkedik el a meleg henger. Működés közben nem közvetlen a meleg henger hevül, hanem a körülötte levő nyomásköpeny. A meleg henger nyomásköpenyét az összegyűjtött napfény kb. 400 °C-ra melegíti fel. A meleg henger és a nyomásköpeny közötti résben a regenerátor helyezkedik el, amely célja a minél jobb energiamegtakarítás. A hűtés előre lehűtött olajjal

történik egy szivattyú segítségével. A hűtő tartja alacsony hőmérsékleten (60 ˚C) a hideg hengert. A meleg henger egyik végét is hűteni kell a kiszorító dugattyú tömítéseinek rongálódás-mentes működése érdekében. A kiszorító dugattyú tömítését teflongyűrűk képezik. A szabaddugattyús Stirling motoroknál (**4. ábra**) nincs vezérlés, nincs dugattyúkar. A dugattyúkat nyugalmi helyzetben egyenként két-két rugó tartja középállásban, majd indításkor a nyomáskülönbségek miatt a munkadugattyú kölcsönhatása vezérli a kiszorító dugattyút.



4. ábra. *Szabaddugattyús Stirling motor metszete. Az alkatrészek számozása megegyezik a 3. ábráéval*

A hideghenger munkadugattyúján megmaradtak a gyári acélgyűrűk, mert ezen a részen igen fontos a jó tömítés. A munkadugattyúra kapcsolódik egy lineáris alternátor, mely az oszcilláló mozgást alakítja át elektromos árammá.

A célunk az, hogy minél több energiát hasznosítsunk fel a környezettől. Amikor ahhoz megfelelő teljesítményű a begyűjtött napfény, hogy a motor elinduljon, akkor a lineáris alternátoron keresztül a Stirling motor villamos energiává alakítja az elektromos áramot, a hűtésből származó hulladék hőt pedig egy puffer tartályban levő víz melegítésére használjuk, amelyet vagy keverve, vagy továbbmelegítve egyéb háztartási igények kielégítésére használunk. Amennyiben a begyűjtött napfény nem bírja annyira felmelegíteni a motort, hogy az villamos energiát termeljen, akkor megfordítható a ciklus. A lineáris alternátorból lineáris motor alakítható egy félvezető IGBt híd segítségével. Az így kapott motort felhasználva meghajtjuk a Stirling motort, így ebből hőszivattyú lesz. A meleg hengeren keresztül elszívja a környezet hőjét, és a munkagáz expanziójakor a hűtő felé adja át a begyűjtött hőenergiát. Ezáltal gyenge napfény mellett is melegített vízzel látható el a háztartás.

3. Következtetések

Mivel a rendszer nincs teljesen kész, előreláthatólag április-május hónapban sikerül üzembe helyezni, pillanatnyilag következtetéseket nem vonhatunk le. Egyelőre az első mérésekig csak a szakirodalomban [2, 3] ismertetett adatok alapján becsülhetjük meg: a rendszer hatásfoka akár a 80%-ot is elérheti. Tekintetben véve, hogy teljesen környezetkímélő megoldásról van szó, a napenergia korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre, várható a hasonló naperőművek elterjedése az elkövetkező években-évtizedekben.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://www.robertstirlingengine.com/theory.php

[2] http://wenku.baidu.com/view/e567f6f5c8d376eeaeaa315f.html

[3] George R. Dochat, DOE/NASA/0056-79/1 NASA CR-1 59587 MTI 79TR47 *Design Study of a 15 kW Free-piston Stirling Engine-linear Alternator for Dispersed Solar Electric Power Systems*

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 219–222. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.46
http://hdl.handle.net/10598/28655

DÍZELMOTOR KÖRNYEZETI TERHELÉSÉNEK VIZSGÁLATA FOSSZILIS ÉS ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOK HASZNÁLATA MELLETT

ANALYSING OF THE EFFECT ON DIESEL ENGINE ON THE ENVIRONMENT USING FOSSIL AND ALTERNATIVE FUELS

Mátrai Zsolt[1], Bodnár István[2]

[1]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék, H-3515, Miskolc-Egyetemváros; Tel./Fax:+36-46-565-168, arammzs@uni-miskolc.hu*

[2]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; Telefon / Fax: +36-46-565-168, vegybod@uni-miskolc.hu*

Abstract

The aim of this contribution is to analyse of the effect of using different kind of fuels to the environment. The used fuels were normal fossil and alternative fuels. The analyses were carried out by a one cylindered diesel engine. To operate the engines using less fuel, and save the environment with lower emissions cause more important problems nowadays. Comparative measurements were carried out, by using normal diesel fuel, and alternative mixture. Vegetable oil and normal diesel were used to fabricate the new oil mixture. In this study the measurements and the analysis of the results will be presented. To compare the effect of the two fuels, diagrams were used.

Keywords: *diesel engine, Life Cycle Assessment, fuel.*

Összefoglalás

Tanulmányunkban kísérleti egyhengeres dízelmotorral végeztünk olyan üzemanyag-vizsgálatot, amely során fosszilis és alternatív energiahordozókat használtunk fel. Kísérleteinkhez két különböző üzemanyagot használtunk, amik közül az egyik normál, kereskedelmi forgalomban is kapható dízel, a másik pedig növényi olaj felhasználásával készült alternatív hajtóanyag. A motor üzemeltetése során az üzemanyag fogyasztást és a keletkezett kipufogó gáz összetevőit is vizsgáltuk, különös tekintettel annak CO_2 és CO tartalmára. Tanulmányunkból egyértelműen kiderül, hogy az általunk előállított alternatív üzemanyag-keverék alkalmas dízelmotor gazdaságos üzemeltetésére. A jövőben további vizsgálatokat kell végeznünk, annak eldöntésére, hogy az adott keverék inkább pozitív hatást fejt ki a motor-környezet együttesre.

Kulcsszavak: *dízelmotor, életciklus-elemzés, üzemanyag.*

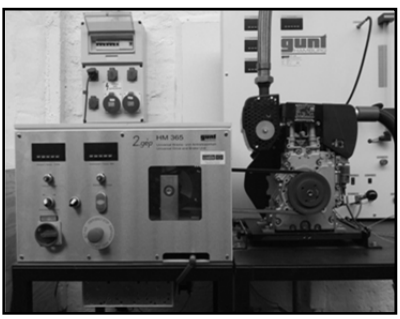
1. Bevezetés

A közlekedésünkhöz használt erőforrások döntően belsőégésű motorok, amik lehetnek benzin, esetleg LPG és CNG, vagy dízel üzeműek. Ezek többnyire fosszilis energiaforrásokat használnak, amelyekről köztudott, azon túl, hogy felhasználásuk környezetkárosító; a folyamatosan fogyó készletek miatt hosszú távú felhasználásuk nem biztosított. Ezért az ezen üzemanyagokat kiváltó alternatív energiaforrásokra egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetnünk. Dolgozatunkban dízel üzemanyagot helyet-

tesítő alternatív üzemanyag-keverék felhasználásának vizsgálatát és eredményeit mutatjuk be.

2. A mérőrendszer bemutatása

A dolgozatban ismertetett vizsgálatokat egy oktatási célra gyártott Gunt gyártmányú berendezésen végeztük (**1. ábra**). A gépegyüttes egy egyhengeres Hatz 1B20-6 típusú dízelmotorból és a hozzá csatlakoztatható fékgépből áll. Ahhoz, hogy a motorban lezajló folyamatokról átfogóbb képet kapjunk, a kipufogó gáz összetételét is vizsgálnunk kellett, amire egy Testo 330-2 típusú mérőberendezés alkalmaztunk. Ennek köszönhetően a különböző üzemanyagok emissziós értékekre gyakorolt hatását is dokumentálni tudtuk.



1. ábra. *A kísérleti dízelmotor és a hozzákapcsolt fékező berendezés*

3. A vizsgált üzemanyagok

Tanulmányunkban két különböző üzemanyag kísérleti dízelmotorra gyakorolt hatását mutatjuk be. Az egyik, kereskedelmi forgalomban is kapható normál dízel üzemanyag (MSZ EN 590:2009 szabvány szerinti összetétel), amely az előírásoknak megfelelően már alapból tartalmaz 4,8 térfogatszázalék bio komponens zsírsav metil-észtert. Az általunk vizsgált alternatív üzemanyag-keverék ezzel ellentétben átészterezés nélküli növényi eredetű olajjal készült, amit a fentebb említett kereskedelmi forgalomban kapható normál dízel üzemanyaghoz kevertünk. A nemzetközi szakirodalmakban az alternatív üzemanyag előállítása során, a növényi olajat átészterezési eljárással előkezelik [1,2,3].

Kutatásunk során arról szerettünk volna információt gyűjteni, hogy milyen hatással van a dízelmotorra és annak kipufogó gázának összetételére egy átészterezés nélküli, háztartásokban is használt növényi olaj hozzáadásával készült alternatív üzemanyag-keverék. Az így kialakított alternatív üzemanyag 2/3-ad térfogatszázaléka normál dízel, 1/3-ada pedig napraforgó növényi olajat tartalmazott.

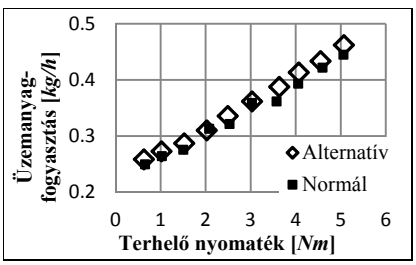
4. Mérési metódus

A vizsgálataink során a mérési körülmények kialakításához a legfontosabb szempont, hogy az elvégzett mérések eredményei összehasonlíthatók legyenek. Ehhez olyan mérési metódust kellett kidolgozni, ami többször megismételhető. Ezért a vizsgálatok során az egyetlen változtatott tényező az üzemanyag összetétele. További fontos szempont, hogy a dízelmotort ne egy meghatározott üzemállapotban vizsgáljuk, hanem a hétköznapi használatot leginkább lekövetve, változó paraméterek mellett működtessük azt. A méréseket a dízelmotor meghatározott fordulatszáma mellett minimális terhelő nyomatékról indítottuk. Kis fordulatszám mellett a fogyasztási értékek olyan kicsik, hogy a mérési rendszer esetleges hibája, a mért értékekhez képest már nem elhanyagolható mértékű, ezért a méréseket 2.500 *1/min* fordulatszámon kezdtük. A meglévő berendezés fogyasztásmérésre gyártói állapotban nem volt alkalmas, ezért az üzemanyagellátó rendszerét átalakítottuk, ami lehetővé tette a fogyasztási értékek pontos mérését.

Vizsgálataink során mindkét üzemanyag használata mellett úgy végeztük el a méréseket, hogy az üzemi paraméterek azonosak legyenek, tehát a motort állandó fordulatszámmal üzemeltetve, a terhelő nyomatékot

növeltük. A mérést az előállítható legkisebb fékező-nyomatékról indítottuk, ami 0,5 *Nm*-t jelentett. Ezt követően a további mérési pontokat úgy alakítottuk ki, hogy 0,5 *Nm*-enként emeltük a terhelő nyomatékot 5 *Nm*-ig, gondosan ügyelve arra, hogy a terhelés változtatása után a mérendő paraméterek beálljanak állandó értékre. Hasonló mérési metódust figyelhetünk meg Wang és szerzőtársai publikációjában is [4].

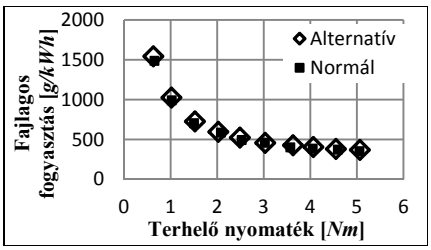
Elsőként az üzemanyag-fogyasztási adatokat értékeltük ki, amik a **2. ábrán** láthatók. A diagramon egyértelműen megfigyelhető, hogy az alternatív üzemanyag használata mellett az üzemeltetési tartományon átlagosan óránként 3,2%-al több tömegegységnyi üzemanyag fogyott, ugyanolyan működési körülmények között.



2. ábra. *Üzemanyag fogyasztás [kg/h]*

A többletfogyasztásnak több oka is létezik. Az egyik, hogy az alternatív üzemanyag-keverék energiatartalma kisebb, mint a normál dízel üzemanyagnak; a másik ok az égés minőségének változása lehet. Az általunk előállított üzemanyag átészterezés nélkül felhasznált növényi olajat tartalmaz, aminek hatására a viszkozitás megnőtt. Ennek következtében a porlasztás, és így az égés minősége romlott. A mért többletfogyasztás azonban eltörpül annak tudatában, hogy a vizsgált üzemanyag harmad részét nem fosszilis energia-forrás teszi ki.

Annak érdekében, hogy biztosak legyünk az üzemeltetési körülmények (fordulatszám, terhelési értékek) állandóságában, azaz megegyezzenek a mérések; a mért eredményekből ki kell számítani a fajlagos fogyasztási érétkeket. A **3. ábra** mutatja, hogy 1 *kWh* energia előállításához hány gramm üzemanyagot használt fel a dízelmotor. Tömegre vonatkoztatva itt is az alternatív üzemanyagból kellett többet adagolni pontosan 3,2%-al, mint ahogy a **2. ábrán** is láthattuk. Így biztosak lehetünk, hogy a mérési körülmények megegyeztek, tehát az eredmények összehasonlíthatók.



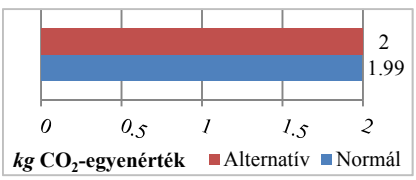
3. ábra. *Fajlagos fogyasztás [g/kWh]*

5. Üzemanyagok életciklus-elemzése

Az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA) során számszerűsítést és becslést végzünk arra vonatkozóan, hogy egy termék, technológia, vagy szolgáltatás teljes élettartama során (előállítása, annak elosztásán, elhasználásán át a belőle képződő hulladék ártalmatlanításáig) milyen környezeti terheléseket okoz, illetve milyen és mennyi természeti erőforrást használ fel (beleértve az energiakiadásokat is). Alkalmazását első sorban döntéstámogató-döntéshozó módszerként tekintik. A 2012. évi XXVIII. számú hulladékgazdálkodási jogszabályban kiemelkedő szerepet kap az életciklus-szemlélet, ami ezáltal a hulladékgazdálkodás szerves részévé vált. Jelen dolgozatunkban a hulladékká vált sütőolaj alternatív hasznosítási módszerét vizsgáltuk életciklus-elemzési módszerrel. A hatásértékelésnél a folyamat-rendszer input és output áramait környezeti hatáskategóriákba soroljuk (ISO 14044: 2006 szabvány szerint). A CML 2001, 2012. novemberi kiértékelési módszer szerinti 11 környezeti

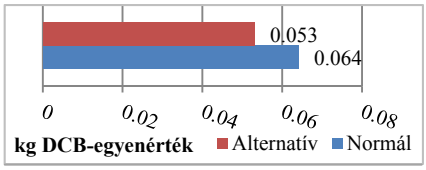
hatáskategória közül a legjellemzőbbeket vizsgáltuk. Az életciklus-elemzés során a közvetlen kibocsátásokat vettük alapul. Ennek megfelelően a rendszerhatár az üzemanyag-tartálytól a kipufogórendszer végéig tartott. Funkcionális egységként az egységnyi leadott teljesítményre vonatkoztatott fajlagos üzemanyag fogyasztást [*g/kWh*] tekintettünk. A mérési sorozatot további két alkalommal megismételtük, hogy pontosabb eredményeket kapjunk.

A globális felmelegedési potenciált vizsgálva (**4. ábra**) azt tapasztaltuk, hogy a közvetlen kibocsátás az alternatív és a fosszilis üzemanyag között minimális különbséget mutat. Az alternatív üzemanyag esetén 2 kg CO_2 egyenértékű üvegházhatású gáz kerül ki a környezetbe, míg ez az érték fosszilis üzemanyag esetén 1,99 kg.

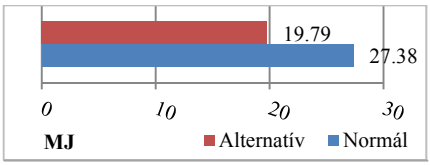


4. ábra. *A globális felmelegedési potenciál*

A humán toxicitási potenciál értékek összehasonlítása során, az **5. ábrán** láthatjuk, hogy az alternatív üzemanyag használatához mintegy 18 %-kal kedvezőbb kibocsátás társul. Ennek magyarázata, hogy az használt étolaj elégetése során jelentősen kisebb mértékben keletkeznek az emberi egészségre negatív hatást gyakoroló vegyületek. Végül az abiotikus kimerülő fosszilis források (**6. ábra**) kategóriáját vizsgáltuk, ami megmutatja, hogy mekkora a fosszilis energiahordozók felhasználása *MJ* mértékegységben. Az alternatív üzemanyagunk használt sütőolaj és gázolaj keveréke, aminek jelentőssége főleg ennél a kategóriánál figyelhető meg. Az alternatív üzemanyag-keverék alkalmazása során 27%-kal csökkent a fosszilis energiahordozók, első sorban a kőolaj felhasználás. Ennek köszönhetően lassítható a kőolaj kimerülési folyamata.



5. ábra. *Humán toxicitási potenciál*



6. ábra. *Abiotikus kimerülő fosszilis források*

6. Következtetések

Tanulmányunkból kiderül, hogy az általunk előállított alternatív üzemanyag-keverék alkalmas dízelmotor gazdaságos üzemeltetésére. A jövőben további vizsgálatokat kell végeznünk, annak eldöntésére, hogy az adott keverék inkább pozitív, vagy inkább negatív hatást fejt ki a motor-környezet együttesre.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] E. Sadeghinezhad, S.N. Kazi, A. Badarudin, C.S. Oon, M.N.M. Zubir, Mohammad Mehrali: *A comprehensive review of biodiesel as alternative fuel for compression ignition engines,* Renewable and Sustainable Energy Reviews 28, 2013, pp. 410 – 424

[2] Yusuf Ali, M. A. Hanna: *Alternative diesel fuels from vegetable oils,* Bioresource Technology 50, 1994, pp. 153-163

[3]Ayhan Demirbas: *Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey,* Energy Conversion and Management, 2003

[4] Y.D. Wang, T. Al-Shemmeri, P. Eames, J. McMullan, N. Hewitt, Y. Huang, S. Rezvani: *An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil*, Applied Thermal Engineering 26, 2006

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 223–226. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.47
http://hdl.handle.net/10598/28672

A PORLASZTÁS NYÚJTOTTA LEHETŐSÉGEK ALKÁLI LÚGOS FÖLDGÁZTISZTÍTÁSNÁL

SPRAYING PROVIDED OPPORTUNITY TO ALKALINE CAUSTIC GASPURIFICATION OF NATURAL GAS

Molnár Éva[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Bocsi Róbert[4]

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-132, Fax: +36(88)642-446, H-8201 Veszprém, Pf. 158.

[1] *molnare@almos.uni-pannon.hu*

[2] *pethod@almos.uni-pannon.hu*

[3] *horvathg@almos.vein.hu*

[4] *bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

Abstract

Natural gas consists of flammable mixture of hydrocarbon gases, it is a very important energy source, but it contains polluting components, as well. So we need to clean natural gas before use. Hydrogen sulfide is a toxic gas. It is corrosive presence of water. Upon burning natural gas, hydrogen sulfide is converted into sulfur dioxide (SO_2), which is harmful not only by causing acid rain, but also it constitutes a danger to human health. There are several procedures to reducing the content of hydrogen sulfide from natural gas. But usability of these procedures is limited due to more and more stricter environmental regulations. My future aim is that I develope a new efficient and selective method. The alkaline-based competitive chemisorption method seems a good opportunity. The essence of the method is that a very short contact time (< 1s) has to be used but at the same time intensive contact has to be ensured. This is practicable by using a pneumatic liquid spraying method.

Keywords: *spraying, hydrogen sulfide, natural gas, chemisorption.*

Összefoglalás

A földgáz szénhidrogén alapú gázok gyúlékony elegye, egyik legértékesebb ásványi eredetű energiahordozónk, azonban természetes módon szennyező komponenseket is tartalmaz, ezért felhasználás előtt kezelni kell. A kén-hidrogén mérgező gáz, mely víz jelenlétében korrozív hatással bír, az égés során pedig kén-dioxiddá alakul át, ami nem csak savas esőket okoz, hanem az emberi egészségre is veszélyt jelent. Kén-hidrogén mentesítésre már számos eljárást dolgoztak ki, azonban ezek használhatósága egyre korlátozottabb a környezetvédelmi előírások szigorodásának következtében. Jövőbeli célom egy új hatékony és szelektív műveletrendszer kidolgozása. Jó megoldásnak tűnik a kompetitív kemiszorpcióra alapozott alkáli lúgos eljárás. A tervezésnél fontos tényező, hogy 1 s-nál kisebb kontaktidő biztosítása alatt rendkívül intenzív érintkeztetést, majd gyors fázisszeparációt tudjunk megvalósítani. Ez kivitelezhető például pneumatikus folyadék beporlasztásos módszer alkalmazásával.

Kulcsszavak: *porlasztás, kén-hidrogén, földgáz, kemiszorpció.*

1. Bevezetés

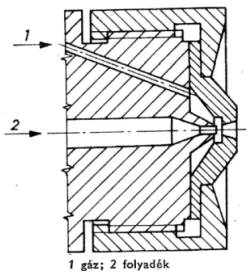
A földgáz szénhidrogén alapú gázok gyúlékony elegye, egyik legértékesebb ásványi eredetű energiahordozónk, elégetésével 33-38 MJ/Nm^3 energiához jutunk, miközben csupán szén-dioxidot és vizet termelünk. Sajnos kinyeréskor gyakran tartalmaz kén-vegyületeket, vízgőzt és szén-dioxidot. Az egyik legnagyobb problémát a kén-hidrogén jelenti, ami vízgőzzel reagálva a szállító vezetékek korrózióját okozza. Továbbá elégetésekor oxigénnel egyesülve kén-dioxidot képez, ami savas esők kialakulásához, valamint emberi megbetegedésekhez is vezethet. A kénvegyületek elvételére földgázból számos megoldás született már, de a szigorodó környezetvédelmi előírásoknak köszönhetően ezeket egyre korlátozottabb alkalmazni. Ezért kiemelkedően szükség van az e téren folytatott kutatás-fejlesztési munkára [1-2].

2. Alkáli lúgos földgáztisztítás

Alkáli lúgokat alkalmazva nagy hatékonyságot és szelektivitást érhetünk el a gáztisztítás terén. Ennek két feltétele van, az egyik a rövid (1 s-nál kevesebb) tartózkodási idő biztosítása, másik pedig a pH magasan (kb. 10) tartása. Hogy a reakció a várt módon játszódon le intenzív keveredést, majd gyors fázisszeparációt kell megvalósítanunk. Optimális lehetőségnek látszik beporlasztással megoldani a lúg beadagolását a reaktorba, így elérhető a maximális reakció felület és az intenzív, gyors keveredés is [2].

3. Porlasztás

Porlasztás során a folyadékáramot cseppekre bontjuk, lényegében mesterséges permetképezés történik. A porlasztási munka három tényező függvénye: a folyadék viszkozitásáé, a felületi feszültségé és a sűrűségé. (Esetünkben maximum 3,5 %-os lúgoldatok beporlasztásáról van szó, így a víznél nagyobb felületi feszültségű, maximum 1,04 g/cm^3 sűrűségű, mPa·s nagyságrendű viszkozitású oldatok beporlasztását kell megoldanunk.) A feladat megoldására célszerű pneumatikus porlasztót választanunk, ha már a tisztítandó gáz a megfelelően nagy nyomással a rendelkezésünkre áll, és ezt fel tudjuk használni porlasztógázként is. Az e fajta porlasztás során keletkezik a legfinomabb permet, annak köszönhetően, hogy a gáz sebessége számottevően nagyobb a folyadék sebességéhez viszonyítva. A porlasztó képe az **1. ábrá**n tekinthető meg [4-6].

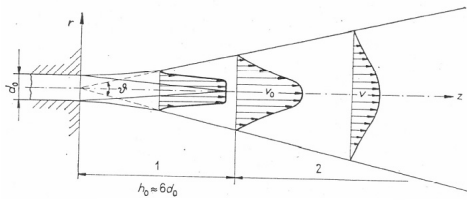


1. ábra. *Porlasztó sematikus ábrázolása* [5]

4. A turbulens szabad sugár

A porlasztóból kikerülő lúgpermet és gázfázis a keletkező turbulens szabad sugárnak köszönhetően intenzíven keveredik egymással. A szabad turbulens sugár szemléltetése a **2. ábrá**n tekinthető meg. Ha egy fluid közeget egy szűk nyíláson keresztüláramoltatunk megfelelően nagy áramlási sebességgel, akkor sugarak képződését fogjuk tapasztalni. A sugarak lamináris vagy turbulens áramlásúak lehetnek. A sugarakat bizonyos esetekben viszonylag nagyméretű térben képezzük ki. Ilyenkor szabad sugarakról beszélünk. A szabad sugaraknak speciális áramlástere van, amit kúposan szűkülő mag és a sugár szintén kúpos szétterülése jellemez. Szűk terekben (csövekben) a sugarak jellemzően turbulenciát keltenek, ezáltal, a sugár anyaga a kör-

nyezet anyagával gyorsan összekeveredik. Épp ezért a vegyiparban gyakran alkalmaznak konfúzor-diffúzor kialakítást. Ezekben az áramlás a zárt térben kialakuló sugár jellegzetes esete [7].



r – sugármenti helykoordináta
z – tengelymenti helykoordináta
d_0 – a kiáramlás kezdeti átmérője
ϑ – a sugárkúp középponti szöge
h_0 – a kezdeti szakasz hossza
v_0 – tengelymenti sebesség
v – helyi sebesség a tengelytől r távolságra
1. szakasz: változatlan sebességű gázkúp
2. szakasz: főszakasz

2. ábra. *A szabad turbulens sugár* [7]

5. Kísérletek

5.1 Kísérletek célja

Kutatói munkánk célja megtalálni azt az optimális működési tartományt a beporlasztásos technológiával, ahol viszonylag alacsony lúgfelhasználás mellett magas hatásfok érhető el. Így a gazdasági feltételeknek is eleget tudunk tenni, továbbá elkerülhetjük a felesleges vegyszerhasználatot is.

Végső célunk egy olyan berendezés tervezése, mellyel akár 1000ppm kénhidrogén és 80% szén-dioxid tartalmú ipari volumenű földgázáramokat is képesek leszünk kezelni.

5.2 Vizsgált paraméterek

Kísérleteink során a lúgbetáplálás hatását vizsgáltuk a tisztítás hatásfokára, illetve ezzel összefüggésben a nátrium-hidroxid fogyására nézve. Továbbá, ezt megelőzően méréseket végeztünk a fúvóka átmérőjének befolyásoló tényezőjéről is.

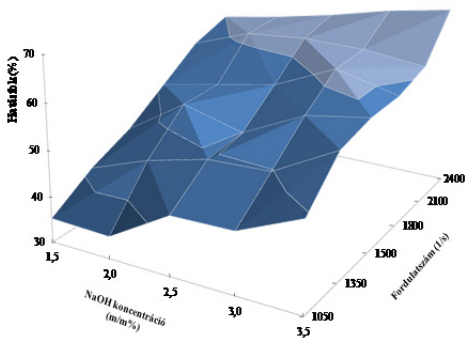
5.3 A vizsgált tartomány

Az általunk vizsgált lúgtartomány 1,5-3,5 m/m% volt. A nátrium-hidroxid oldatok betáplálását egy kétfejes szivattyúval valósítottuk meg. A lúg tömegáramát 88-189 kg/h között változtattuk, azaz a szivattyú fordulatszáma 1050-2400 1/s intervallumban mozgott. A földgáz térfogatárama eközben 230-300 Nm^3/h, nyomásának értéke pedig 3,2-4,2 között ingadozott

A fúvóka átmérőjének vizsgálatánál 4 különböző méret hatását figyeltük meg. A gázáram 350-360 Nm^3/h volt, a lúgbetáplálás pedig 62-124kg/h, illetve 2,3-2,8 m/m% tartományban változott e méréseknél.

5.4 Kísérleti eredmények

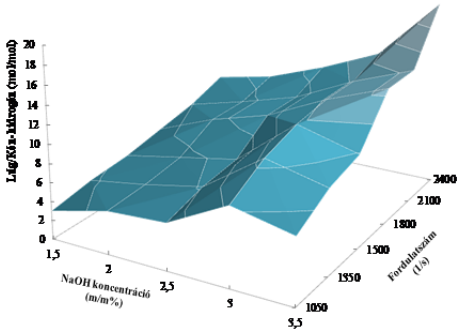
A tapasztalatok azt mutatták, hogy viszonylag magas hatásfok eléréséhez nagy lúgfelhasználásra van szükség, azaz magas nátrium-hidroxid koncentrációra és ennek nagy tömegáramára. A hatásfok javulásának mértéke azonban nem lineáris mértékben változik a nátrium-hidroxid koncentrációval, és a szivattyú fordulatszámával, ahogy ez a **3. ábrán** is látszik.



3. ábra. *A hatásfok alakulása a lúgkoncentráció és a fordulatszám függvényében*

A hígabb lúgoldatok alkalmazása mellett a tömegáram megemelésének hatása számottevőbb a tisztítás hatékonyságra, mint a vizsgált lúgtartomány magasabb részében. Továbbá elmondható, hogy az alacsonyabb koncentrációtartományban a

lúgfelhasználás viszonylag kis mértékben emelkedik meg egy-egy fordulatszám-emeléskor, ez jól megfigyelhető a **4. ábrán**.

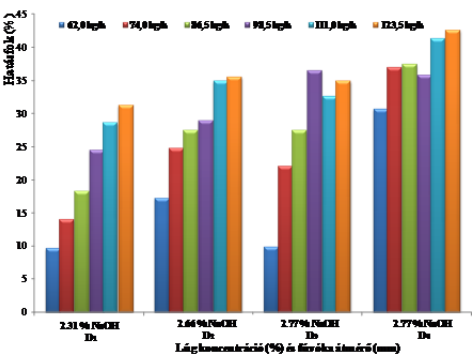


4. ábra. *A lúgfajlagos változása a lúgkoncentráció és a fordulatszám függvényében*

Optimálisnak a vizsgált tartomány középső része tűnik, ahol a lúgkoncentráció 2-2,5 m/m% és a szivattyú fordulatszáma 1350-1800 1/s. E területen a lúgfogyasztás értéke 10 (mol nátrium-hidroxid/mol kénhidrogén) alatt maradt, miközben a hatásfok elérte a minimum 50%-os értéket.

A fúvókaátmérő hatásának vizsgálatával kapcsolatban kijelenthető, hogy a méret csökkenésével javul a hatásfok**,** ez az **5. ábrán** is megfigyelhető, ahol

$$D_1>D_2>D_3>D_4.$$



5. ábra. *A lúgkoncentráció és a fúvókaméret együttes hatása a tisztítás hatásfokára*

6. Következtetések

A kísérletek tapasztalatai alapján elmondható, hogy vizsgált tartományon belül találtunk egy ideálisnak nevezhető intervallumot, mely lúgkoncentrációt tekintve 2-2,5 m/m%, fordulatszámot nézve pedig 1350-1800 1/s határok között helyezkedik el. Ezen tartományon belül a jövőben további kísérletek elvégzése szükséges a tényleges optimum megtalálása érdekében. Továbbá a fúvókaméret hatásának vizsgálatakor megtapasztaltuk, hogy az átmérő csökkentésével jelentős hatásfokbeli javulás érhető el.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Á. Vágó, D. Rippel-Pethő, G. Horváth, I. Tóth, K. Oláh: *Removal of hydrogen sulfide from natural gas, a motor vehicle fuel*, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Veszprém, 2011, 2. kiadás, 39. kötet, 283-287.

[2] http://www.foldgaz.hu.

[3] Arthur L. Kohl, Richard B. Nilsen: *Gas Purification,* Gulf Publishing Company, Huoston, Texas, 1997, 5. kötet, 343-428.

[4] Tuba József, Dr. Németh Jenő: *A porlasztás elmélete és alkalmazása a vegyiparban*, Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatából 4099, Budapest, 1962, 7-52 oldal

[5] Tuba József: *Porlasztók,* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976, 289-312.

[6] Fejes Gábor, Tarján Gusztáv: *Vegyipari gépek és műveletek*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1979, 522-543.

[7] Dr. Szolcsányi Pál: *Transzportfolyamatok*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972, 67-118.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 227–230. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.48
http://hdl.handle.net/10598/28627

HŰTŐKÖZEGEK VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA SPECIÁLIS PRÓBATESTEK SEGÍTSÉGÉVEL

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF QUENCHANTS USING SPECIAL TEST PIECES

Mucsi András[1], Felde Imre[2], Kerekes Gábor[3], Kocsisné Baán Mária[4]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar, Cím: 1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon / Fax: +36-1-6665352, mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Neumann János Informatikai Kar, Cím: 1034 Budapest, Bécsi u. 96/B. Telefon / Fax: +36-1-6665528, felde.imre@nik.uni-obuda.hu*

[3]*Miskolci Egyetem, Anyagtudományi és Anyagszerkezettani Intézet, 3515 Miskolc, Egyetemváros, Telefon / Fax: +36-46-565111/18-47 metkg@uni-miskolc.hu*

[4]*Miskolci Egyetem, Anyagtudományi és Anyagszerkezettani Intézet, 3515 Miskolc, Egyetemváros, Telefon / Fax: +36-46-565111/18-47 m.kocsis.baan@uni-miskolc.hu*

Abstract

In this paper, a novel specimen for characterising the cooling ability of quenchants has been presented. The cylindrical specimen having 20 mm diameter and 225 mm length was heated up to 880 °C and cooled down in water. The specimen was equipped by 8 thermocouples along its length. The quenchant used for cooling had different initial temperatures, causing different wetting during cooling. The movemet of wetting front was investigated using video and temperature records. The most intensive wetting phenomenon was investigated at 70 °C initial water temperature.

Keywords: *quenching, quenchants, wetting.*

Összefoglalás

A cikkben az edzésnél használatos hűtőközegek minősítésére használható, új típusú próbatest kerül bemutatásra. A hengeres, 20 mm átmérőjű és 225 mm hosszú próbatest 880 °C-ra volt felhevítve, majd vízben lehűtve. A próbatest hossza mentén 8 termoelem szolgált a hőmérséklet mérésére. A hűtőközeg különböző kiinduló hőmérsékletű volt, ez különböző gőzpárnaképződést eredményezett. A nedvesítési front mozgását videófelvétellel és hőmérsékletmérés segítségével elemeztük. A legintenzívebb gőzpárnaképződés 70 °C-os kiinduló vízhőmérséklet alkalmazásakor jelent meg.

Kulcsszavak: *edzés, hűtőközeg, gőzpárna képződés.*

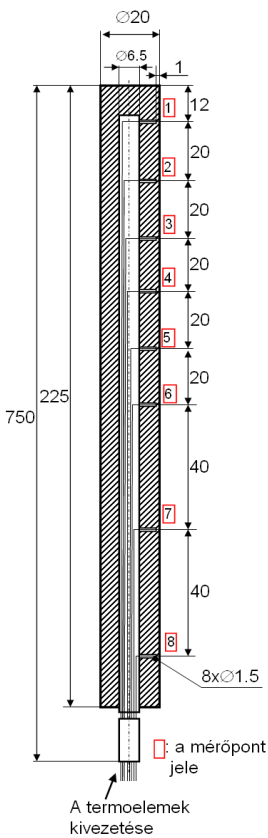
1. Bevezetés

A hűtőközegek minősítése egyre nagyobb szerepet játszik az ipari technológiatervezés folyamatában. A hűlési paraméterek és a keletkező szövetelemek mennyiségének és tulajdonságainak (pl. keménység) előrejelzése lehetetlen a hőátadási függvények ismerete nélkül [1]. Több kutatómunka irányult a hőátadási függvények becslésére, a különböző hűtőközegekre vonatkozó hőátadási függvények adatbázisának létrehozására [2]. A jelen cikk arra próbál példát

mutatni, hogy a kérdéses alkatrész lehűlési függvénye nem csupán a hűtőközegre jellemző hőátadási tényező – hőmérséklet függvény (HTC) és a darab geometriája illetve hőfizikai adatai, hanem a próbatest körül kialakuló komplex áramlások eredményeként alakul ki.

2. A speciális próbatest felépítése

A hűtőközegek minősítésére egy nagy hossz/átmérő aránnyal bíró próbatest került kifejlesztésre. A próbatest egy 20 mm átmérőjű, 225 mm hosszú hengeres, ausztenites korrózióálló acélból készült rúd, melyben nyolc termoelem elhelyezésére került sor. A próbatest az 1. ábrán látható.



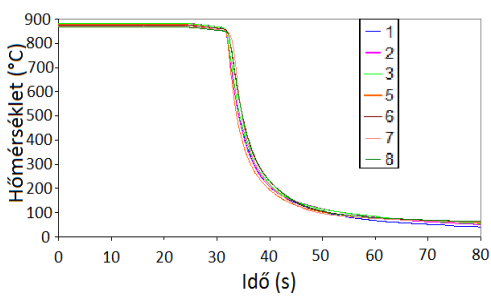
1. ábra. *A hűtési kísérletekhez használt speciális próbatest*

A termoelemeket a próbatest közepében elhelyezett, 6.5 mm átmérőjű furaton keresztül vezettük ki, a próbatesten kívül pedig egy 8 mm átmérőjű cső vezette őket a csatlakozási pontokhoz. A termoelemek vége a hengerpalásttól 1 mm távolságra helyezkedik el. A próbatestben elhelyezett termoelemek jelét egy DataQ DI220 típusú, 12 bites, ± 30 mV méréshatárú A/D konverter és a hozzá tartozó szoftver rögzítette. A mintavételi időköz 0.03 másodperc volt, minden egyes csatornánál.

A mérésekhez 4.250 liter térfogatú víz szolgált hűtőközegként. A víz egy hengeres átlátszó edényben került elhelyezésre. A hűtőközeg (a 15 °C-os eset kivételével) előmelegített állapotban került vizsgálatra, így 15, 29, 44, 57 és 70 °C-os kiinduló hőmérsékletű vízben végeztünk vizsgálatokat. A próbatest kiinduló hőmérséklete minden esetben 880 °C volt. A próbatest felfűtésére egy 400x400x400 mm kemencetérrel rendelkező, ellenállásfűtésű kemence szolgált. A próbatestek kemencébe való helyezésétől a kivételig eltelt idő 20 perc volt.

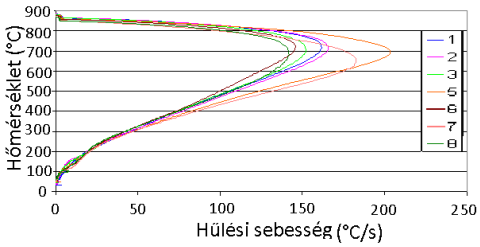
3. Mérési eredmények

Az első mérés során a kiinduló vízhőmérséklet 15 °C volt. A mérőpontok hőmérsékletének időbeli alakulása, a próbatest hűtőközegbe való helyezés után a 2. ábrán látható.



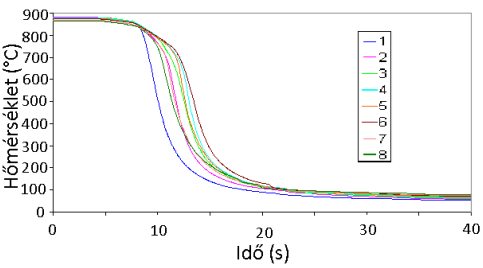
2. ábra. *A mérőpontok hőmérsékletei (15 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

Hasznos információt nyújtanak az egyes mérőpontok lehűlési sebességei. A **3. ábrán** a mérőpontok hűlési sebességei és azok pillanatnyi hőmérsékletei közötti összefüggés látható.



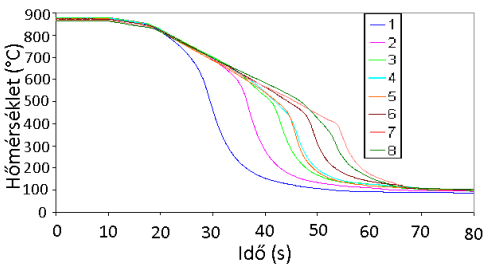
3. ábra. *A mérőpontok hűlési sebessége (15 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

Az ábrán látható, hogy igen intenzív, 120-200 °C/s a legnagyobb hűlési sebesség, mely minden mérőpont esetén a 650-720 °C-os tartományban jelentkezik. A 44 °C-os kiinduló vízhőmérséklet esetén már észrevehetünk gőzpárna képződést a 800-720 °C-os tartományban. Ez az 1-es mérőpont kivételével mindegyik mérőponton észrevehető, és a lehűlési sebességeken is markánsan megjelenik. A 44 °C-os kezdeti hőmérsékletű vízben hűtött mérőpontok hőmérsékletei az **6. ábrán** láthatók.

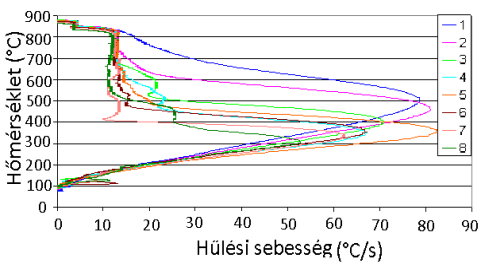


4. ábra. *A mérőpontok hőmérsékletei (44 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

A gőzpárnaképződés hatása megjelenik a lehűlési sebesség-hőmérséklet görbéken is. Ahol intenzív gőzpárnaképződés történt, ott a lehűlési sebesség nem haladja meg a 20°C/s-ot. A leglátványosabb gőzpárna képződés 70 °C-os kiinduló vízhőmérsékletnél jelent meg. A gőzpárna eltűnése alulról kezdődik, rendre az 1-2-3-(4,5 egyszerre) 6 mérőpontok kerülnek át a gőzfázisú nedvesítés állapotából a víz erélyesebb hűtésének állapotában. Ezután a 8. mérőpont, majd utolsóként a 7. mérőpont kerül a vízzel való érintkezés állapotába. Ennek oka az, hogy fentről, a 8. mérőpont környezetéből is elindul egy nedvesítési front. Ez a videón és a képsorozaton is látszik. A hűtőközegbe való behelyezés kb. 20 s-nál történt. A 70 °C-os kezdeti hőmérsékletű vízben hűtöt próbatest mérőpontjainak hőmérsékletei a 5. ábrán, hűlési sebességei pedig a **6. ábrán** tekinthetők meg.

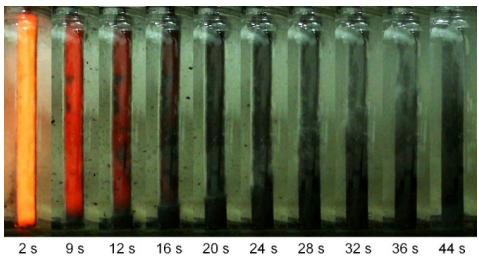


5. ábra. *A mérőpontok hőmérséklete (70 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*



6. ábra. *A mérőpontok lehűlési sebessége (70 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

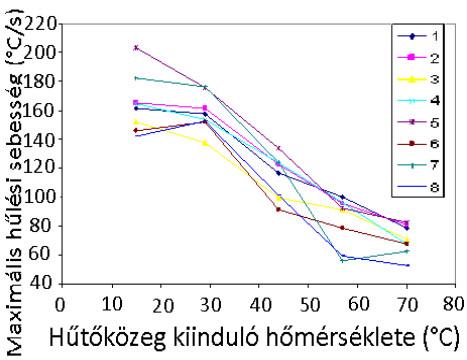
A 70 °C-os kezdeti hőmérsékletű vízben hűtött próbatestről készült sorozatfelvétel a **7. ábrán** látható.



7. ábra. *A nedvesítési front mozgása (70 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

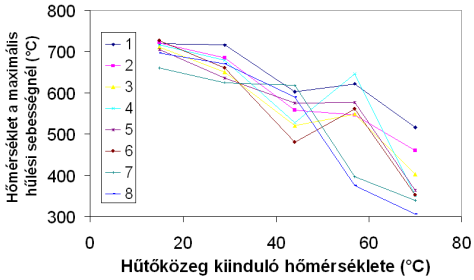
3. Következtetések

A lehűlési sebességek és a maximális lehűlési sebességhez tartozó hőmérsékletek elemzése az egyes mérőpontokra és kiinduló vízhőmérsékletekre vonatkoztatva igen érdekes lehet. A **8. ábra** a hűtőközeg kiinduló hőmérsékletének függvényében mutatja a lehűlési sebességek maximális értékét az egyes mérőpontokban.



8. ábra. *A mérőpontok lehűlési sebessége (70 °C-os kezdeti hűtőközeg hőmérséklet).*

A 15 °C-os hűtőközeg esetén elért átlagos 170…180 °C/s-os lehűlési sebesség 70 °C-os hűtőközeg alkalmazásakor 70…80 °C/s-ra csökken. A **9. ábra** a maximális lehűlési sebességhez tartozó hőmérsékletet mutatja a hűtőközeg kiinduló hőmérsékletének függvényében, minden egyes mérőpontra vonatkoztatva.



9. ábra. *A maximális hűlési sebességhez tartozó hőmérséklet és a hűtőközeg kezdeti hőmérsékletei közötti összefüggés.*

Az ábrán látható, hogy a maximális lehűlési sebesség és az ahhoz tartozó hőmérséklet között összefüggés van, a mért adatok egy sávban helyezkednek el. Minél kisebb a hűtőközeg erélyessége, azaz a hűlési sebesség, annál kisebb hőmérsékleten jelentkezik a lehűlési sebességnek a maximuma.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Özisik, M. N., Orlande, H. R. B.: Inverse Heat Transfer: *Fundamental and Applications*, Taylor & Francis, New York, 2000.

[2] Felde, I., Kocsis, B. M., Shi, W.: *Characterisation of heat transfer during quenching by using optimisattion techniques*, 2nd International Conference on Energy and the Future of Heat Treatment and Surface Engineering, Peking, 2014. 1 318-322.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.”

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 231–234. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.49
http://hdl.handle.net/10598/28673

ÚJRAKRISTÁLYOSODÁS VIZSGÁLATA FOLYAMATOS MELEGKEMÉNYSÉG-MÉRÉSSEL

INVESTIGATION OF RECRYSTALLIZATION USING CONTINOUS HOT-HARDNESS MEASUREMENT

Mucsi András[1], Povorai Gábor[2]

[1]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar; 1081 Budapest, Népszínház utca 8; telefonszám:+36-1-666-5300 email cím: mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar; 1081 Budapest, Népszínház utca 8; telefonszám:+36-1-666-5300 email cím: blackye_25@hotmail.com*

Abstract

Transformation processes of materials are widely used in modern industry. The mechanical properties of a given material is dependent on its structure, therefore it is important to know the nature of any process that changes the structure of the material. One instrument that can be used to investigate these processes, such as recrystallization is the hot-hardness measurement. In the literature the hot-hardness measurements are based on conventional hardness testing devices, which come with drawbacks (for example discrete measurement points, surface oxidation). In this paper a novel, yet very simple device is presented, along with a data processing method, with which the hot-hardness measurement of a given specimen can be implemented with relative ease. The results of this method are compared results of measurements with the DSC method, one, that is widely used in calorimetry.

Keywords: *transformation, recrystallization, hardness, DSC, hot-hardness.*

Összefoglalás

A modern mérnöki anyagok gyártástechnológájában széles körben alkalmazzák az átalakulási folyamatok által nyújtott lehetőségeket. Az anyagok szerkezete, struktúrája szabja meg azok mechanikai paramétereit, ezért azok átalakulásainak ismerete elengedhetetlen. Ilyen átalakulási folyamat például az újrakristályosodás, melynek kvantitatív vizsgálatára használható egyik eljárás a melegkeménységmérés, ám az irodalmi forrásokban fellelhető, hagyományos keménységmérésen alapuló módszereknek több szempontból hátrányosak (pl. diszkrét mérési pontok, felületi oxidáció). A cikk egy olyan újszerű, egyszerűen kivitelezhető és kvantitatív mérési eredményekkel szolgáló melegkeménységmérő berendezést és mérési eljárást mutat be, mellyel a próbatestek melegkeménysége folytonos időben vizsgálható, továbbá az új módszerrel kapott eredmények összehasonlításra kerülnek egy széles körben bevált módszer, a DSC technika eredményeivel.

Kulcsszavak: *átalakulás, újrakristályosodás, keménység, DSC, melegkeménység.*

1. Hagyományos melegkeménységmérő eljárások.

A melegkeménység mérése magas hőmérsékleten igénybe vett ötvözetek fejlesztésénél, vizsgálatánál hasznos, gyakran használják például az atomerőművekben használt különféle ötvözetek vizsgálatára [1]. A keménység sok egyéb anyagi jellemzővel korrelálható. A keménységet (H)

általánosságban nyomás jellegű mennyiségként értelmezzük, azaz a keménység egyelő erő osztva felülettel, az 1. egyenlet szerint.

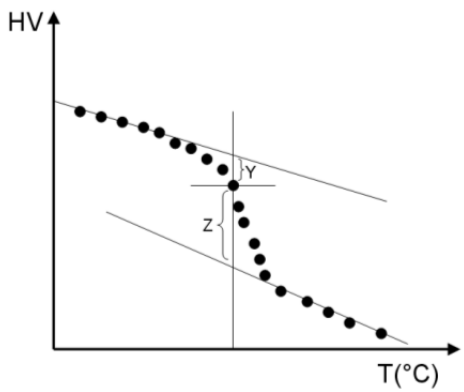
$$\boldsymbol{H} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{A}} \qquad (1)$$

A hagyományos keménységmérő eljárások során egy szúrószerszámot nyomnak a próbatest felületébe, ami lenyomatot hagy a próbatestben, ennek a lenyomatnak a felszíne a keménység számításához használt felület (A). A legelterjedtebb módszerek csupán a szúrószerszám geometriájában, illetve anyagában különböznek. A Brinell eljárás során egy edzett acél gömböt nyomnak a próbatest felületébe, majd ennek lenyomatát mikroszkóp alatt vizsgálva az átmérők átlagából meghatározzák annak felületét. A Vickers eljárás hasonlatos a Brinell-eljáráshoz, de a szúrószerszám egy gyémántgúla. A Rockwell C eljárás során gyémánt kúp szúróeszközt használnak, de ennél az átlók meghatározása helyett közvetlenül a benyomódás mélységéből határozható meg annak felülete. A melegkeménység mérése az irodalomban fellelhető példák alapján eddig azon a módszeren alapult, hogy hőntartás közben végeznek keménységmérést valamely hagyományos módszert alkalmazva. Ezzel a módszerrel csak diszkrét pontokhoz juthatunk, a vizsgálati hőmérsékletre való felhevítés során történő változás ismeretlen, továbbá a vizsgált próbatest felületi oxidációja nehezíti a lenyomat geometriájának pontos meghatározását. Egy bizonyos hőmérséklet felett a kúszás befolyását is meg kell fontolni[4].

1.1 Újrakristályosodás vizsgálata hagyományos melegkeménységméréssel

Az újrakristályosodás a keménység csökkenésével jár, a melegkeménység folyamatos hevítés alatti mérésével kimutatható. Kísérleteket végeztünk 80%-ban hidegen hengerelt elektrolitréz próbatesteken, négy különböző hevítési sebességgel, hagyományos melegkeménység-mérő eljárásokkal, továbbá DSC (differenciális pásztázó kalorimetria) technikával [2]. Ezek alapján az újrakristályosodás a 130-200°C közötti hőmérséklet-tartományba esett. A hőmérséklet-melegkeménység görbe három részre bontható, két lineáris jellegű szakasz közrefog egy nemlineáris szakaszt, ez az újrakristályosodás tartománya. Az újrakristályosodás mértékének közelítésére egyszerűen meghatározható egy mérőszám: a két lineáris jellegű szakaszra egyenest illesztve a 3. ábrán látható módon meghatározzuk az Y és Z értékeket, ezekből a 2. egyenlet alapján számítható a relatív keménységcsökkenés (X) bármely hőmérsékleten.

$$X = \frac{Y}{Y+Z} \qquad (2)$$



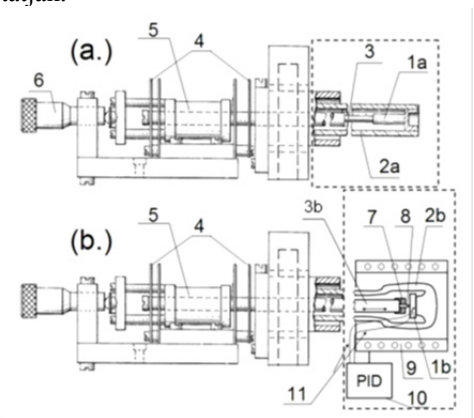
1. ábra. *Az relatív keménységcsökkenés mértékének meghatározási módja.*

2. Új típusú folyamatos melegkeménység-mérő berendezés

Az új típusú melegkeménység-mérő berendezés egy dilatométeren (**2.ábra**) alapszik, működése a következő: a próbatest tágulását egy merev kvarcüveg rúd(3) továbbítja egy induktív elmozdulásmérőbe (5)

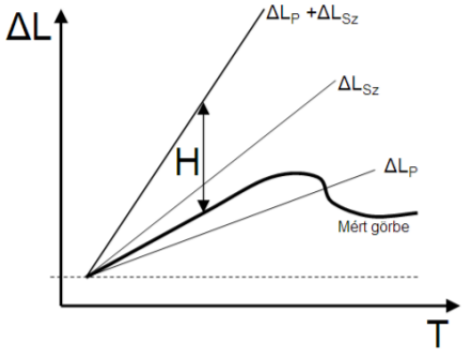
mellyel a hőmérséklet függvényében regisztráljuk a próbatest tágulását. A próbatest hőmérsékletét termoelemmel mérjük. A próbatest fűtésére egy villamos kemencét (9) használtunk, melyet egy programozható PID szabályzóval láttunk el.

A dilatométeren a következő változtatást hajtottuk végre: a kvarcüveg rúd végére egy szabványos Rockwell C szúrószerszámot (7) rögzítettünk, melyet a próbatest (1b) felületének terheltünk az előterhelő rugók segítségével (4), melyek a keménység számításához szükséges F terhelő erőt szolgáltatják.



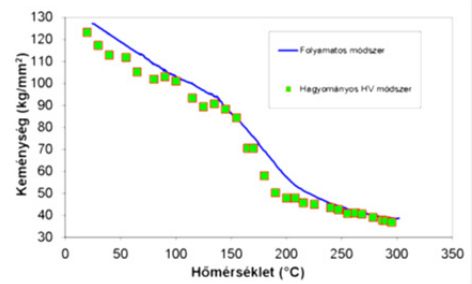
2. ábra. *A dilatométer (a.) és a folyamatos melegkeménység-mérő berendezés (b.) sematikus ábrája[3].*

A próbatest hevítése során az elmozdulásmérő által adott jel értékét növeli a szúrószerszám ill. a próbatest hőtágulása, csökkenti a szúrószerszám próbatestbe történő behatolása. A pillanatnyi keménység kiszámításához szükség van a szúrószerszám behatolási mélységére, ez a berendezéssel felvett görbékből meghatározható: A berendezés több folyamat együttes lejátszódása által okozott elmozdulást rögzíti (a próbatest ill. a szúrószerszám hőtágulása, szerszám próbatestbe való benyomódása). A szerszám és a próbatest hőtágulásának összege ($\Delta L_p+\Delta L_{sz}$), valamint a mért görbe közötti különbség a szerszám próbatestbe való behatolásának mértéke (H), ebből a lenyomat felülete a szerszám ismert geometriájából megkapható. A terhelő erő (F) és a lenyomat felületéből (A) számítható a melegkeménység az 1. egyenlet alapján.



3. Ábra. *A behatolás mélységének értelmezése a felvett görbéből.*

Az új típusú melegkeménység-mérő berendezéssel felvett, és a hagyományos melegkeménység-mérések [2] eredményei egymással összehasonlítva a **4. ábrán** láthatók.

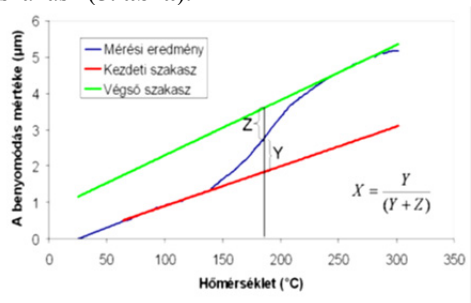


4. ábra. *A folyamatos és a hagyományos melegkeménység-mérések eredményei.*

A folyamatos görbe jól illeszkedik a hagyományos melegkeménység-mérés pontsorozatára, ezért a 2. egyenlettel ugyan úgy megállapítható belőle a relatív keménységcsökkenés.

Az átalakulás mértéke egyszerűbb módon is közelíthető. A behatolás (H) értékeket a hőmérséklet függvényében ábrázolva a kapott görbe jellegzetesen három részből

áll: egy nemlineáris részt (ez az átalakulás szakasza) közrefog két lineáris jellegű szakasz (**5. ábra**).



5. ábra. *A relatív behatolásmérték-növekedés meghatározása.*

A két lineáris jellegű szakaszra egyenest illesztve a 2. egyenlettel (ekkor természetesen Y és Z értéke mást jelöl, mint a relatív keménységcsökkenés esetében) meghatározható a relatív behatolásmérték-növekedés (X), ami az átalakulási folyamat végbemenetelének közelítésére használható. Az új típusú berendezéssel végzett vizsgálatok eredményei jól illeszkednek a hagyományos mérések eredményeihez.

3. Következtetések

Az új típusú folyamatos melegkeménységmérő és a hagyományos melegkeménységmérő módszer eredményeinek összehasonlítása alapján elmondható, hogy az új módszer alkalmas a próbatestek melegkeménységének folytonos időbeli regisztrálására, elektrolitréz próbatestek újrakristályosodásának vizsgálata esetén kimutatható vele a próbatest újrakristályosodása is, az átalakulás kvantitatív módon vizsgálható. Az új berendezéssel kiküszöbölhető a hagyományos eljárások hátrányai: a diszkrét mérési pontok illetve a felületi oxidáció leolvasásra gyakorolt negatív hatása. A vizsgálatok végrehajtása jelentősen egyszerűbb az új berendezéssel a hagyományos eljárásokhoz mérten, továbbá az eredmények kiértékelése nem munkaigényesebb, mint a hagyományos eljárásoknál. A berendezéssel a jövőben további kísérleteket tervezünk, melyek alumínium kiválásos keményedésének, illetve edzett acél megeresztődésének vizsgálatát célozzák.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Surappa*: Hot hardness and indentation creep study on Al–5% Mg alloy matrix–B4C particle reinforced composites* Materials Science and Engineering A 427 (2006) 76.

[2] Povorai Gábor, Mucsi András: *Hidegen hengerelt elektrolitréz újrakristályosodásának vizsgálata melegkeménység-méréssel és DSC technikáva*l. XIX. FMTÜ, Kolozsvár, 2014.03.20-22

[3] Mucsi András-Óbudai Egyetem: *Berendezés és eljárás anyagok melegkeménységének vizsgálatára*, 114209-16805 FT/Ko - Magyar szabadalmi bejelentés, 2014.04.14.

[4] Kirity Bhusan Khan, T.R.G. Kutty, M.K. Surappa: *Hot hardness and indentation creep study on Al-5% Mg alloy matrix-B4C particle reinforced composites*. Materials Science and Engineering A 427 (2006) 76-82.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 215–218. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.50
http://hdl.handle.net/10598/28625

RAGASZTOTT FAELEMEKBŐL KIKÉPEZETT ÍVES TETŐSZERKEZETEK. SZERKEZETI ÖSSZEHASONLÍTÁSOK

GLULAM ARCH ROOFINGS. STRUCTURAL COMPARISONS

Márton Péter

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, MSC hallgató,
Cím: 400114, Románia, Kolozsvár, Memorandumului (Unió), 28; Telefon / Fax: +4 0264 401 200, levelezési cím, marton.peter17@gmail.com

Abstract

The topic of our essay is a subunit of wooden roofings. We chose this subject, because our my opinion the natural building materials will be often used in the near future. If we use this renewable resource reasonably, then practically it will be always be at service. In our essay, we studied the glulam arch roofings, during by making a sportshall structural project, which is a certain part of my state examination essay. In our opinion, to find the best solution for a structure, which depends on many critieria like: execution technology, deadline and the lowest price, which nowadays many times can be at the expense of quality, is a challenge for every civil engineer. We tried more solutions, to find the best way, regarding the cost and efficient material consumption. These solutions are presented in our essay.

Keywords: *roofings, glulam, arch.*

Összefoglalás

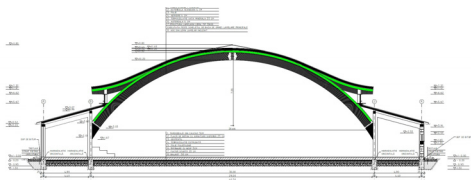
Dolgozatunk témájául a fa tetőszerkezetek egyik alegységét választottuk, mert véleményem szerint a természetes építőanyagok hamarosan megint reneszánszukat fogják élni. A dolgozaton keresztül, a rétegelt ragasztott faelemekből kiképezett íves tetőszerkezeteket tanulmányoztuk, egy sportcsarnok tervezése által, amely részben, államvizsga dolgozatom témáját is képezi. Megtalálni a legmegfelelőbb megoldást egy épület tervezése előtt nagyon fontos, attól függően, hogy milyen kivitelezési technikával rendelkezik a gyártó, mit követel a határidő és napjainkban sajnos a legmeghatározóbb kritérium, amely gyakran a minőség rovására is megy, hogy milyen költségvetéssel rendelkezünk. A legmegfelelőbb ár és anyaghasználat megtalálása érdekében több megoldást kipróbáltunk, amelyek között párhuzamot is vontunk. Ezeket a megoldásokat a dolgozatonkeresztül tárgyaljuk.

Kulcsszavak: *tetőszerkezetek, rétegelt ragasztott fa, ívek.*

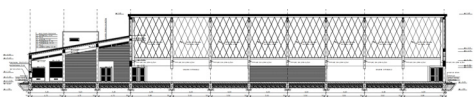
1. Bevezetés

Dolgozatunk témája a fa tetőszerkezetek egyik alegységét képezi, amelyben szerkezeti megoldások között vontunk párhuzamot. Államvizsga dolgozatom témájául egy sportcsarnok statikai tervezését választottuk. A különleges tetőszerkezete miatt indultunk ebbe az irányba. Mivel nekünk egy 28,66 m fesztávú, 7,55 m tartómagasságú és 6 m-es állásközű ívekre volt szükségünk, ezért a legkedvezőbb statikai modell miatt, a háromcsuklós ívek mellett döntöttünk. A látvány szempontjából, nem a vonórudas megoldást használtuk, így az íveket tartó diafragmákat oldalt, keretszerkezetekkel kellett megerősítenünk. Ezek a keretszerkezetek, az ívekből adódó oldalnyomásokat hivatottak átvenni. Az **1. ábra**

a szerkezet keresztmetszeti rajzát, a **2. ábra** pedig a hosszanti metszet szemlélteti.
Az ívekből származó oldalnyomások miatt, az alapozás tervezése is nagy figyelmet igényelt, két irányú, elasztikus sávalapot használtunk, melyet helyenként diafragmákkal kellett megerősítenünk.



1. ábra. *A sportcsarnok keresztmetszeti rajza*



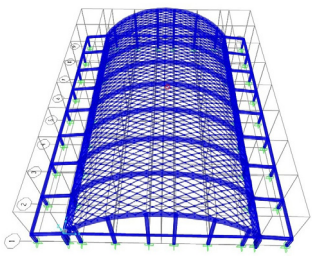
2. ábra. *A sportcsarnok hosszanti irányban készített metszeti rajza*

Az Oikos rendszerben kiképezett tetőszerkezetet szokás nevezni még lamellatetőnek is, amely egy fából készült, formaazonos lamellákból kialakított, acél kötőelemekkel rögzített, kiváló mérnöki esztétikával rendelkező íves térrács, amely alkalmas nagyfesztávú terek lefedésére. A **3. ábra** az Oikos térrács kialakítását szemlélteti.

3. ábra. *Oikos térrács-www.larixstudio.ro [1]*

2. A szerkezetek modellezése

A szerkezet statikai modellje (**4. ábra**) SAP 2000 Nonlinear-ban készült, annak ellenére, hogy találtunk néhány empirikus számolást a Dr. Dumitru Marusciac professzor által szerzett könyvben, de úgy gondoltuk, hogy a pontosabb eredmények érdekében statikai szoftvert használunk. A modellezésre több eljárást találtunk lehetségesnek.



4. ábra. *A szerkezet statikai modellje*

Az egyik módszer esetében, amely viszonylag egyszerű és kevesebb munkát igényel, elégséges csupán az íveket és a rájuk helyezkedő födémeket modellezni. Ennél még egyszerűbb megoldás, a csupán ívelt födémek használata. Az előbb említett esetekben az oikosok nincsenek külön modellezve, de figyelembe kell venni azok teherhordási hozzájárulását is. A legaprólékosabb modellezést választottuk, amelyben minden szerkezeti elem megtalálható. Ez az eljárás többletmunkát igényelt, de fontosnak tartottuk ebbe az irányba elindulni, ugyanis így valósághűbb eredményeket kaptunk. A térrács elemeinek igénybevétele és viselkedésének pontos vizsgálata is, az aprólékosabb munka mellett szólt, amelynek következtében néhány érdekes dologot figyelhettünk meg, amely a dolgozatunk során bemutatásra kerül. A SAP 2000 segítségével (**4.ábra**) az elemekben jelenlévő erőket és lehajlásokat kaptuk meg. Ezek alapján voltak a méretezések és ellenőrzések végezve.

Az ívek anyaga GL24h rétegelt ragasztott fenyőfa, a rátevődő Oikos háló pedig C24-es tömör fenyőfából van. A faelemek vizsgálata az Eurocode 5 alapján történt és négy eset közül választottuk ki a kereszt-metszetben jelenlévő legnagyobb feszült-séget. Az alábbi esetek a maximum nyomaték és annak megfelelő tengelyirányú erő vagy a maximális axiális erő és annak megfelelő nyomaték párosításait tükrözik:

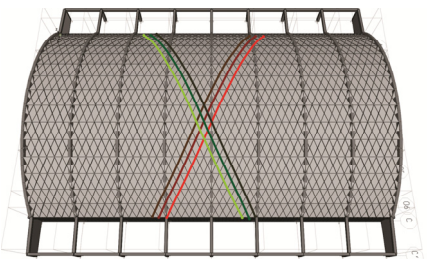
1. M=-257,825 kNm N=-275,31 kN
2. M= 247,446 kNm N=113,776 kN
3. M=-463,642 kNm N=-102,46 kN
4. M= 114,481 kNm N=227,906 kN.

Az ívekben a legnyagyobb feszültséget az M=247,446 kNm nyomaték és az ennek megfelelő N=113,776 kN nyomás kombinácója adja. A feszültség számolásakor a kihajlást is figyelembe vettük a nyomott elemeknél. A faelemeknél gyakori eset, hogy a keresztmetszet végső méretét a lehajlás feltételei szabják meg. A mi esetünkben is ez így történt, ugyanis az Eurocode alapján, az ívekben 40,51 mm lehajlással kellett számoljak. A megengedett lehajlás a ragasztott faelemeknél L/500, ami a mi esetünkben 28,66 m / 500 = 57,32 mm. Ezeket az eredményeket 36 cm széles és 80 cm magas keresztmetszetű ívekkel értük el, amely több próbálkozás eredményeként sikerült optimalizálni, ami a szükséges és felhasznált anyagmennyiséget illeti.

Az Oikos rendszer legterheltebb elemében a következő igénybevételt kaptuk a statikai program szerint:

N=86,02 kN M=1,01 kNm

Az ellenőrzéseket, nyomásra és hajlításra igénybevett elemek mintájára végeztük, ahol természetesen figyelembe vettük a kihajlást is. A 4 cm szélességű és 20 cm magasságú keresztmetszet esetében a fe-szültség és tervezési szilárdság aránya csupán 0,72. Számunkra nagyon meglepő volt ez az eredmény, amelyet egy 8,6 tonnányi tömeg által nyomott 4/20 cm keresztmetszetű fenyőfa terhelésével vontunk párhuzamba. Egy Oikos sávban történő lehajlás legnagyobb értéke 5 cm, amely teljesíti az L/150=9,67cm feltételt. Ebben az esetben nem mondhatni, hogy túlnyomórészt a lehajlási feltételek határozzák meg a keresztmetszet méreteit. Amire igazán felfigyeltünk az az volt, hogy sávokban, az oikosokban jelenlevő igénybevételek nagyon közeli értékek voltak. Az **5. ábrán** megjelöltünk, példának okáért három sávot, amellyel tükrözni szeretnénk a fent említett észrevételeinket.



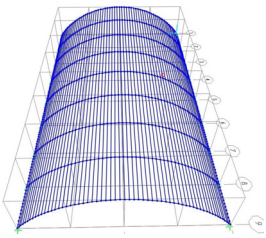
5. ábra. *Hasonló igénybevételek a megjelölt sávok mentén*

Az **5. ábrán** látható modellben az ívek főtartó-, míg a fenyőfa dészkákból kiképezett oikos háló másodtartó szerepet játszik. Ennek a hálónak a hatékonyságának felmérése céljából, létrehoztunk még egy modellt, amelyben a főtartók ugyancsak az ívek, a másodtartók pedig a szelemenek voltak. A második modell (**6.ábra**) egyszerűsége miatt döntöttünk úgy, hogy a másodtartók szelemenek lesznek. A szelemenes változat esetében az ívekben megjelenő hajlítónyomatékok és tengelyirányú erők a következőképpen alakultak:

1. M=-239,03 kNm N=-424,45 kN
2. M= 330,61 kNm N=-328,31 kN
3. M=-1,21kNm N=-576,21 kN
4. M=9,31 kNm N=2,12 kN

Ebben az esetben azt figyeltük meg, hogy az ívekben keletkezett maximum feszültség értéke 1,5-ször nagyobb, mint az első változatban. Az ívek végleges keresztmetszete ebben az esetben is a lehajlási

feltételekből adódik. A szelemenes változat esetében a lehajlás értéke az ívekben 9mm-rel nagyobb, mint az első modell esetében, de még mindig a megengedett értékeken belül maradt. Ezért mindkét esetben 36/80 cm keresztmetszetű íveknél maradtunk.

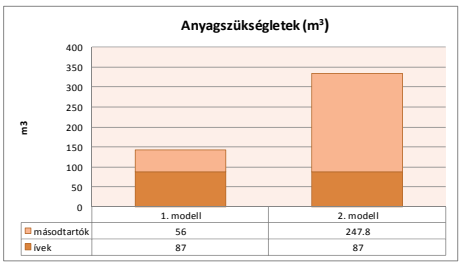


6. ábra. *2. modell, amelyben a másodtartók a szelemenek*

A szelemenekben a domináns igénybevétel a nyomaték, a többi erők, méretüket tekintve elhanyagolhatóak. A második modell esetében igazolódik leginkább az a tézis, hogy a faelemek keresztmetszének meghatározásában jelentős szerepe van a lehajlás vizsgálatának. Több keresztmetszettel próbálkoztunk a másodtartók esetében, úgy a rétegelt ragasztott fával, mint az egyszerű tömör fával. Mivel a RR fatartók esetében megendett lehajlás az L/500, ami nagyon szigorú határok közé sűrített, ezért kénytelenek voltunk tömör fát használni. A tömör fa esetében az Eurocode 5 alapján a lehajlás megengedett mértéke L/200. Ezt a feltételt 25 cm X 35 cm keresztmetszetű szelemenekkel tudtuk teljesíteni, amelyeket 34 cm-ként tettem. Valószínűleg a gyakorlatban nem szükséges ekkora méretű másodtartó, mert mi a számolásainkban nem vettük figyelembe a deszka borítás hozzájárulását.

3. Következtetések

Ami az anyagfelhasználást illeti, a két modell jelentősen különbözik egymástól. Az első változat esetében az ívekhez 87 m^3 megmunkált ragasztott faanyag, a teljes oikos hálóhoz pedig, 56 m^3 tömör, megmunkált fa szükséges. A második változatnál a ívekhez szükséges anyagmennyiség nem változik, a másodtartók ebben az esetben a szelemenek, amelyek 247,8 m^3 megmunkált faanyagot igényelnek. Ezeket az adatokat az **7. ábra** szemlélteti.



7. ábra. *Anyagszükségletek*

A fenti adatokból kiindulva megállapítható, hogy az 1. modell a költséghatékonyság szempontjából előnyösebb, mint a 2. modell, annak ellenére, hogy nem tükrözi a szerelési költségeket. A szelemenek esetében ez nem jelent nagy költséget ugyanis az előregyártott elemeket a helyszínre szállítják és a munkálatok megfelelő fázisában az ívekre illesztik. Az oikos térrács esetében is van megoldás a hatékonyabb szerelésre, különböző méretű oikos-panók készíthetők, amelyek segítségével a szerelési munkálatok időtartama jelentősen lerövidül, tehát a két változat szerelési költségeiből adódó különbség nem dönt a második modell javára, ami a hatékonyságot illeti. Következtetésképpen, a térrácsos megoldás számos előnyöket tartalmaz, amely használata nagy fesztávok esetén is igazolt.
Az egyszerű, egy réteggel fedett terrácstól, a többrétegű tetőkig, bármilyen rétegrend kialakítható, így az épület rendeltetésétől függetlenül lehet alkalmazni ezt a fajta tetőszerkezetet.

4. Szakirodalmi hivatkozás

[1]. www.larixstudio.ro - letöltve: 2014. április

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 235–238.DOI: 10.33895/mtk-2015.03.51
http://hdl.handle.net/10598/28628

HARMADLAGOS KŐOLAJKITERMELÉSRE ALKALMAZOTT TENZIDEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

COMPARATIVE INVESTIGATION OF SURFACTANTS FOR ENHANCED OIL RECOVERY

Nagy Roland[1], Kothencz Réka[2], Bartha László[3], Vágó Árpád[4]

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, MOL Ásványolaj-és Széntechnológia Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-412, nroland@almos.uni-pannon.hu*

[2]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-305, kothenczr@almos.uni-pannon.hu*

[3]*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +3688/ 624-305, bartha@almos.uni-pannon.hu*

[4]*MOL NyRt, Csoportszintű Kutatás és Üzletfejlesztés, 1117 Budapest, Októberhuszonharmadika utca 18., avago@mol.hu*

Abstract

In the past few decades, considerable researches have been done around the world for increase the oil production; one of the most perspective processes is the chemical enhanced oil recovery. The mixture of polymers and surfactants were used, therefore various surfactant test methods must be developed in order to the surfactant or their mixture would be effective. Surfactant mixtures were prepared and the test methods for their characterization were elaborated for chemical EOR (Enhanced Oil Recovery). The examination of oil flushing effect and emulsifying effect were described. It was found that the surfactants used in EOR should be developed depending on the circumstances of the given area.

Keywords: *chemical EOR, method development, reservoir conditions.*

Összefoglalás

Az elmúlt néhány évtizedben világszerte jelentős kutatásokat végeztek kőolajtermelés fokozásával kapcsolatban, az egyik leginkább perspektívikus eljárás a kémiai harmadlagos kőolajkitermelés. Ennek során polimerek és tenzidek keverékét használják fel, ezért a tenzidek fejlesztése során különböző vizsgálati módszereket kell kidolgozni annak érdekében, hogy a tenzid illetve tenzidkeverék hatékony legyen. Kémiai EOR (Enhanced Oil Recovery) célokra állítottunk elő tenzideket illetve tenzidkompozíciókat, melyek jellemzésére laboratóriumi vizsgálati módszereket dolgoztunk ki. Ezek közül az olajkimosóhatás és az emulgeáló hatás vizsgálatát ismertettük. Megállapítottuk, hogy a felhasználandó tenzideket az adott kőolajmező tárolórétegének körülményeihez kell illeszteni.

Kulcsszavak: *kémiai EOR, módszerfejlesztés, rétegkörülmények.*

1. Bevezetés

Az elmúlt néhány évtizedben világszerte jelentős kutatásokat végeztek kőolajtermelés fokozásával kapcsolatban, mivel a kitermelési hatásfok a földtani készletre vonatkoztatva meglepően kicsi, átlagosan 30−35%. A leghatékonyabb harmadlagos kőolajkitermelési típus, a polimer-tenzides elárasztás során különböző folyadékokat (tenzid oldatot, polimer oldatot, majd vizet) juttatnak a rétegbe a besajtoló kutakon keresztül. Ennek hatására a vízdugó nyomja maga előtt a polimer- és a tenzidoldatot. A tenzid a rétegvízzel és a kőolajjal emulziót képezve csökkenti az olaj határfelületi feszültségét (IFT), így lehetőség nyílik arra, hogy a lefűződött olajrészecskéket a pórusokon átnyomva a termelőkúton távozzanak [1]. Az EOR során alkalmazott felületaktív anyagokkal szemben támasztott fontos követelmény, hogy a tározóban lévő folyadékfázisok között a lehető legalacsonyabb határfelületi feszültséget biztosítani tudják, melynek következtében a csapdázódott olaj mobilizálódni tud a póruscsatornákon keresztül. A tenzidek fejlesztése során különböző vizsgálati módszereket kell alkalmazni annak érdekében, hogy a tenzid illetve tenzidkeverék hatékony legyen [2,3].

Munkánk során célunk volt a kőolajtároló réteg körülményeit megközelítő laboratóriumi hatásvizsgálati módszerek kidolgozása és a modell vizsgálatokkal végzett mérésekkel történő összehasonlítása.

2. Felhasznált anyagok

A vizsgálatok során különböző algyői tározókból származó rétegvizet, kőolajat, valamint a Pannon Egyetem Műszaki Kutató Intézetében (MÜKKI) és a MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszékén kifejlesztett anionos és nemionos tenzideket használtunk fel. Ezen anyagokhoz, a kitermelési hatásfok növelését szolgáló folyásmódosító polimert is adtunk.

3. Alkalmazott módszerek

Az EOR célú tenzidek jellemzésére nincs szabványos laboratóriumi minősítő módszer, illetve módszercsomag, ezért ezek kidolgozására volt szükség.

3.1. Olajkimosó hatás vékonyréteg kromatográfiás meghatározása

Szakirodalmi közlemények olyan komplex felületaktív hatást jellemző módszert nem közöltek, mellyel a kőolaj pórusos kőzetfelületről történő lemosásának mértékét jellemezni lehetne. Ezért fejlesztettük ki a szerves kémiai analízisben régóta alkalmazott vékonyréteg kromatográfiás módszer alapjain nyugvó olajkimosó hatás vizsgálati módszerét. Tapasztalataink alapján ezáltal az egyes nemionos tenzidek és az előállított tenzidkompozíciók ilyen irányú hatása is jellemezhető.

3.2. Emulgeáló hatás vizsgálata

A kémiai EOR alapelvéből következik, hogy a kőzet felületéről történő kőolaj leoldása, illetve leszorítása a meghatározó részfolyamatokhoz tartoznak. Emellett a tenzid jó emulgeáló képessége is szükséges jellemző, amely kedvező viszkozitású O/V típusú emulziót eredményezhet. Az emulgeálókapacitás az egyes ülepített fázisok térfogatszázalékos mennyiségével jellemezhető.

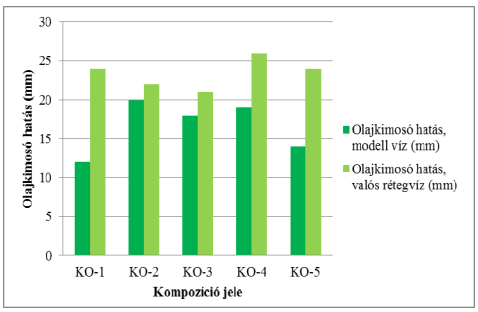
4. Mérési eredmények

4.1. Olajkimosó hatás vizsgálata

A kidolgozott módszer alapján megvizsgáltuk, hogy a tenzidkompozíciók olajkimosó hatása hogyan változik az összetétellel. Az eredményeket az **1. táblázat** és az **1. ábra** szemlélteti.

1. táblázat. *Olajkimosó hatás vizsgálati eredményei modell- és valós körülmények között*

Kompozíció jele	Olajkimosó hatás, modell víz (mm)	Olajkimosó hatás, valós rétegvíz (mm)
KO-1	12	24
KO-2	20	22
KO-3	18	21
KO-4	19	26
KO-5	14	24



1. ábra. *Olajkimosó hatás vizsgálati eredményei modell- és valós körülmények között*

Megállapítottuk, hogy a kőolajtároló rétegkörülményeit megközelítő kondíciók mellett végzett vizsgálatok minden esetben eltértek a modellvizsgálatok eredményeitől. Továbbá azt is megállapítottuk, hogy a vizsgált tenzidkompozíciók 20 mm feletti, azaz megfelelő olajkimosó hatással rendelkezett.

4.2. Emulgeáló hatás vizsgálata atmoszférikus nyomáson

A kőolaj-rétegvizes tenzidoldattal előállított emulziók atmoszférikus nyomáson történő emulgeáló kapacitását vizsgáltuk. A méréseinket 20°C-on és 80°C-on is elvégeztük, majd meghatározott időközönként feljegyeztük az egyes fázisok mennyiségét. A 20°C-on végzett vizsgálataink eredményét a **2. táblázat**ban, a 80°C-on végzett méréseink eredményét pedig a **3. táblázat**ban adtuk meg.

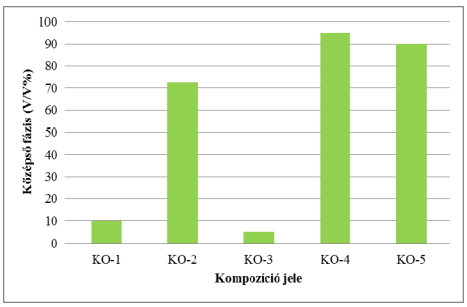
2. táblázat. *Emulgeáló hatás vizsgálata atmoszférikus nyomáson, 20°C-on*

Komoozíció jele	20°C					
	½ óra			1 óra		
	Fázis (V/V%)					
	Felső	Középső	Alsó	Felső	Középső	Alsó
KO-1	55	0	45	47,5	7,5	45
KO-2	52,5	0	47,5	55	0	45
KO-3	52,5	2,5	45	52,5	2,5	45
KO-4	60	0	40	60	0	40
KO-5	75	0	25	70	0	30

3. táblázat. *Emulgeáló hatás vizsgálata atmoszférikus nyomáson, 80°C-on*

Kompozíció jele	80°C					
	1 óra			48 óra		
	Fázis (V/V%)					
	Felső	Középső	Alsó	Felső	Középső	Alsó
KO-1	45	10	45	47,5	7,5	45
KO-2	0	72,5	27,5	47,5	7,5	45
KO-3	47,5	5	47,5	50	5	45
KO-4	5	95	0	82,5	10	7,5
KO-5	5	90	5	50	10	40

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy míg a rétegkörülményektől különböző 20°C-on csak jelentéktelen volt az emulzióképződés, addig 80°C-on 1 óra után minden esetben keletkezett emulziós fázis. A 80°C-on végzett méréseinket a **2. ábra** is szemlélteti.



2. ábra. *Emulgeáló hatás 80°C-on, 1 óra után, középső fázis esetén*

4.3. Emulgeáló hatás vizsgálata rétegkörülményeket közelítő kondíciók mellett

A kőolaj-rétegvizes tenzidoldat emulziókat nagy nyomású (~10bar) szolubilizáló cellában vizsgáltuk. A nagynyomású cellában a kőolajtárolóból származó réteggázt használtuk fel. A kialakult fázisok arányát a **4. táblázat** szemlélteti.

4. táblázat. *Emulgeáló hatás vizsgálata, 80°C, 10 bar*

Kompozíció jele	Tároló gáz, 98°C, 1 óra			Tároló gáz, 98°C, 4 óra			Tároló gáz, 98°C, 24 óra		
	Fázis, v/v%; nyomás, bar								
	Felső	Középső	Alsó	Felső	Középső	Alsó	Felső	Középső	Alsó
KO-1	60	0	45	60	0	45	58	0	45
	9,0			10			11,5		
KO-2	50	0	50	50	0	50	50	0	50
	10			11			10,5		
KO-3	58	0	50	60	0	50	60	0	50
	9,8			10,3			10,1		
KO-4	0	85	15	60	0	45	55	0	45
	8,8			9,0			8,8		
KO-5	45	5	50	45	5	50	45	5	50
	11			10,8			10,5		

Megállapítottuk, hogy a nagy nyomáson végzett emulgeáló kapacitás vizsgálatakor középső fázis, azaz emulziós fázis csak jelentéktelen mértékben alakult ki. A kialakult kőolaj-víz elegy viszkozitása és sűrűsége –a beoldódott gáz hatására– lecsökkent. Továbbá ~10% térfogatnövekedést tapasztaltunk, mely szintén a beoldódott gáz hatása volt.

5. Következtetések

Kémiai EOR célokra állítottunk elő tenzideket, illetve tenzidkompozíciókat, melyek jellemzésére különböző hatásvizsgálati módszereket dolgoztunk ki. A kidolgozott módszerek közül az olajkimosó hatás és az emulgeáló hatás vizsgálatát mutattuk be. A tenzidoldatok olajkimosó hatását vizsgálva azt találtuk, hogy a kőolajrétegből származó kőzetőrleménnyel végzett vizsgálatok eredménye eltér a modell vizsgálatokétól. Az előállított kőolaj-rétegvíz emulziókat vizsgáltuk atmoszférikus nyomáson és rétegkörülményeket közelítő kondíciók mellett. Megállapítottuk, hogy nagy nyomáson középső, emulziós fázis nem vagy csak alig keletkezik. Összességében megállapítottuk, hogy a felhasználandó tenzidek hatásvizsgálati módszereit célszerű az adott terület körülményeihez illeszteni.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] James J. Sheng: *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery: Theory and Practice*, Gulf Professional Publishing, 2010

[2] R. Nagy, L. Bartha, Á. Vágó: *Investigation of Nonionic Surfactants for Enhanced Oil Recovery*, Interfaces Sopron, 2011

[3] R. Nagy, R. Sallai, L. Bartha, Á. Vágó: *Harmadlagos kőolajkitermelésre alkalmas tenzidek kiválasztási módszerei*, EMMIT-Műszaki Szemle 63., 2014

Köszönetnyílvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a cikk elkészítéséért: ***MOL Nyrt., Csoportszintű Kutatás & Üzletfejlesztés támogatásáért.***

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 239–242. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.52
http://hdl.handle.net/10598/28667

A VASSALAK MARADVÁNYOK ARCHEOMETALLURGIAI JELENTŐSÉGE

ARCHAEOMETALLURGICAL IMPORTANCE OF IRON SMELTING AND SMITHING SLAGS

Nyulas Dorottya[1], Bitay Enikő[2], Kacsó Irén[3], Manciula Dorin[4], Veress Erzsébet[5]

[1]*Babes-Bolyai Tudományegyetem, Történelem és Filozófia Kar, Magyar Történeti Intézet, Régészeti és Művészettörténeti Tanszék, 400088 Romania, Cluj, Napoca 11, Tel. +40-264-405300-5275, Fax: +40-264-405326, nydorottya@yahoo.com*

[2]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Humán Tudományok Kar,540485 Târgu-Mureş, O.p. 9, C.p. 4., Tel.+40-751-016063, ebitay@ms.sapientia.ro*

[3]*National Institute for Research and Development of Isotopic and Molecular Technologies INCDTIM, 400293 Romania, Cluj, Donath 67-103, OP 5 CP 700 Tel. +40 745- 645670, iren.kacso@gmail.com*

[4]*Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Sciences and Engineering, Department of Environmental Analysis and Engineering, 400294 Romania, Cluj, Fantanele 30, Tel. +40-264-307030, dimro21@gmail.com*

[5]*Erdélyi Múzeum-Egyesület, 400750 Romania, Cluj/Kolozsvár, OP 1 CP 191, Tel. +40-743-119275, veresserzsebet@gmail.com*

Abstract

Iron production slags from different stages of production (smelting and smithing) are mostly distinguished on the basis of their morphological characteristics. Where smithing and smelting slag morphologies are overlapping, they can be discriminated chemically**.** Assuming that the different slags are safely distinguished, they can be categorized according to their particular technological origins (i.e., bloomery furnace, blast furnace, puddling hearth, finery, smithy) and provenance. The systematics for grouping generally relies on the weight of interferences drawn from chemical, morphological, microstructural and contextual analysis. Correct interpretation of the archaeometallurgical data obtained on iron slags is mandatory in order to realize their correct clustering and reach a correct archaeological conclusion.

Keywords: archaeometallurgy, iron slags, morphological and chemical systematics

Összefoglalás

A vas kémiai reakcióképessége következtében a megfelelően azonosított vassalak maradványok adatszolgáltatóként kikerülhetetlenek mind a vasgyártás és vasművesség folyamatainak fizikai-kémiai és metallurgiai aspektusainak, mind a vasleletek származásának jellemzése szempontjából.

Az azonos kontextusból származó, régészeti sztratigráfiai szempontból koherens, adott kronológiai indikátorokkal jellemezhető vassalak maradványok feltehetően egyazon vasműves rendszer azonos korú és származású leletei. Minden leletegyüttesen belül azonban tapasztalhatók kisebb-nagyobb eltérések, hiszen a minták származhatnak egy vagy több technológiai ciklus különböző szakaszaiból, a salakok szerkezete és összetétele heterogén, és különbözhetnek az egyes termelési ciklusok körülményei, akár a gyártási recept és eljárás is.

A salakleletek helyes tipizálásának tehát nem lehet eltúlozni a jelentőségét a kohósítási technológiára, valamint a leletek provenanciájára vonatkozó megbízható régészeti következtetések szempontjából.

Kulcsszavak: *archeometallurgia, vassalakok, morfológiai és kémiai csoportosítás*

1. Bevezetés

Az archeometallurgia célja műszaki anyagvizsgálat segítségével meghatározni a fém régészeti leletek előállítási technológiáját, fizikai-kémiai és technikai paramétereit, sajátosságait. A vas archeometallurgiája esetében maga a lelet és a lelőhely mellett vizsgálni kell tehát a kohósításhoz szükséges, és a lelőhelyen vagy annak közelében talált alapanyagokat és segédanyagokat (érc, faszén, mészkő, dolomit), az ércelőkészítés során a helyszínen maradt anyagokat, a salak-leleteket, a bucakohó helyszínén maradt feldolgozatlan vasbucát, a kovácsműhely bucamaradványait, és az esetleg ott maradt kovácsolt vastárgy maradványokat is [1].

A vas kémiai reakcióképességéből következő "sérülékenysége" miatt mind a vasgyártás és vasművesség folyamatainak fizikai-kémiai és metallurgiai aspektusairól, mind a vasleletek származásáról a megfelelően azonosított *vassalak* maradványok (bucasalak, ritkábban kovácssalak) szolgáltatják a legtöbb adatot.

Az azonos kontextusból származó, régészeti sztratigráfiai szempontból koherens, adott kronológiai indikátorokkal jellemezhető vassalak maradványok feltehetően egyazon vasműves rendszer azonos korú és származású leletei, a leletegyüttesen belül azonban kisebb-nagyobb eltérések tapasztalhatók. Egyrészt a salakdarabok származhatnak egy technológiai ciklus különböző szakaszából, és az azonos szakaszból származó salak szerkezete és összetétele is heterogén. Másrészt a különböző termelési ciklusok körülményei mindig különböznek. Végül a felhalmozódás alatt akár többször is változhatott a gyártási recept és eljárás. A salakleletek helyes tipizálásának tehát nagy a jelentősége [2].

2. Vassalak típusok és jellemzőik

A vasgyártás során keletkező *bucasalak* két fő típusának (folyósalak, kemencesalak) közös jellemzője a nagy FeO és SiO_2 tartalom, az erősen savanyú jelleg és a fayalitos (Fe_2SiO_4) ásványszerkezet, összetétel, szerkezet és szín alapján azonban általában könnyen megkülönböztethetők, osztályozásukat is rendszerint erre alapozzák [1].

A világosabb barnás-vörös, kisebb sűrűségű, erősen tagolt, szivacsszerű *kemencesalak* a SiO_2 és az általa lekötött jelentős mennyiségű FeO 1170 ºC fölötti, fayalitként való elfolyása után a kemencében, a buca közelében marad (gyakran azt szennyezve). A vártnál általában nagyobb Fe_2O_3 tartalma a lassú kihűlés során bekövetkező részleges reoxidációnak és az esetlegesen belekerült vasszemcsék időbeni rozsdásodásának eredménye.

A kemence előterében levő salakgyűjtő gödörben található, 70–80 %-ban fayalitos-wüstites *folyósalak* jól átolvadt, gyakran feketén vagy fémesen csillogó felületű, nagy sűrűségű üveges anyag, kisebb-nagyobb gázbuborék zárványokkal. Reoxidáció a folyósalakok esetében is előfordul, nem ritka a 10 % fölötti Fe_2O_3 tartalom.

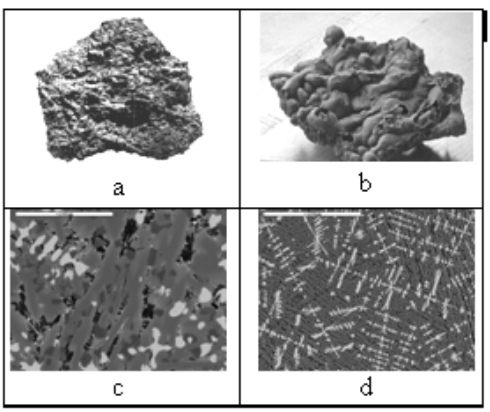
A kovácstevékenység után általában kevés a salaknyom, a kohósítást befejező bucatömörítés nyomait pedig nehéz megkülönböztetni a kovácstűzhelyek salakjaitól. Mivel a buca tömörítésekor

kipréselt, kovácsolásakor lepattant vasszilánkos *kovácssalak* voltaképp kemencesalak, nincs, nem is lehet tipikus, kizárólagosan jellemző külalakja. Kovácssalakként való azonosítását nagyobb Fe_2O_3 tartalma könnyítheti meg (a salakdarabokkal lepattant vasszegmensek az eltemetés ideje alatt természetes módon rozsdásodnak).

3. Vassalakok csoportba sorolása

A különböző vassalak mintákat első megközelítésben (bucasalak - kovácssalak, illetve kemencesalak - folyósalak) *makro- és mikromorfológiai* szempontok szerint osztályozzák [2].

Szerkezetüket tekintve a salakok inhomogének (**1. ábra**). Mikroszerkezetük [1] az elektronmikroszkópos vizsgálatok szerint főként dendrites, néha táblás (poliéderes) kristályosodással, ritkán amorf állapottal, a fayalitos részeket (Al, Mg, Ca) szilikátok több-kevesebb vasat tartalmazó ásványai veszik körül.



1. ábra.
a. Kemencesalak fotója [3]. b. Folyósalak [4]. c-d.WIRG kísérletileg kohósított salakminták mikroszerkezete [5]
(c. kemencesalak, d. folyósalak; SEM felvételek)

A bizonyíthatóan a kohósítás során lecsapolt folyósalak minták, illetve a bizonyíthatóan kemencében kihűlt kemencesalak minták *kémiai összetétele* alapján is megállapítható néhány jellemző összefüggés, melyek közül talán legfontosabb a salak FeO/Fe_2O_3 aránya.

A vasoxid színvassá történő redukálásának többlépcsős folyamatában az utolsó oxid állapot a FeO (wüstit), amely SiO_2-dal fayalitot alkot ($2FeO \cdot SiO_2$). A fayalit tiszta állapotban a bucakemencében is már a legrégebbi időkben is elérhető hőmérsékleten olvadt, és elfolyt.

A kohósításra jellemző folyósalak minták nagy részében az összetevők mintegy 70-80 %-a fayalit és wüstit. A kemencesalakok esetében viszont a reoxidált Fe_2O_3 (hematit) aránya, a magnetit ($FeO \cdot Fe_2O_3$) ásványi alkotójaként is beszámítva: nagyobb, mint a folyósalakoké (esetenként akár 10–20 %).

A kohósalakok összetételét (C_{salak}) kizárólag a kiindulóanyagok határozzák meg az (1) általános összefüggésnek megfelelően [2]:

$$C_{salak} = C\,[(O\text{-}R_{FeO}) + A + L + F - V] \quad (1)$$

amelyben C az oxidösszetétel, a szögletes zárójelben levő kifejezés pedig a kohósítás során a salakképzésben valamilyen szerepet játszó egyes résztvevőknek az oxidösszetételhez való százalékos hozzájárulását adja meg: O az ércben levő redukálatlan oxid komponensekét, R a redukált oxid komponensekét, A a hamuét, L a „kohó-kerámiákét" (kemencefal, kemencebélés, olvasztótégely, fúvóka, kifolyócsap, salakgyűjtő), F a fluxét (ömlesztő), végül V az illékony komponensekét.

A kovácssalakok Fe_2O_3-ben gazdagabb kemencesalakok, amelyek összetételében a hamu és a különféle "kohókerámiák" is jelentősen nagyobb hangsúlyt kapnak.

Egyetlen változatlan technológia és recept használata esetében a morfológiailag azonos csoportba sorolható, véletlenszerűen kiválasztott salakminták a mért átlagos kémiai összetételnek megfelelően egy

klasztert kell alkotnia (egy jól meghatározható középérték körül kell mozognia). A középértéktől való nem túl nagy eltérést a minták heterogén jellegéből adódó mintavételi hibák, és az egyes kohósítási-megmunkálási technológiai ciklusok közötti (külső körülményekből következő) véletlenszerű különbségek okozzák [2].

Az addigitól eltérő, *új technológia vagy recept* több klaszter kialakulását jelenti, szignifikánsan nagyobb klaszterek közötti összetételbeli eltérésekkel, mint az egyes klasztereken belüliek

A különböző régiókból, különböző lelőhelyekről, vagy akár egy adott lelőhely különböző kontextusaiból származó mintacsoportok között jelentkező jelentősen eltérő összetételű csoportok (klaszterek) megjelenésének többféle oka lehet. Jelentheti máshonnan származó vasérc vagy tüzelő, ömlesztő használatát [6], lehet szó eltérő bucakemence konstrukcióról és kohósítási paraméterekről, egy salakminta együttesen belül pedig az idők során a kohósítás körülményei mellett változhatott a kohósítási recept is [7].

A kísérleti eredmények (az egyes klaszterek és a hozzájuk rendelhető paraméterek) értelmezése tehát esetenként más és más, a csoportok sokváltozós szerkezetétől és az alkalmazott statisztikai eljárástól függően.

4. Következtetések

A vas kémiai reakcióképessége következtében a megfelelően azonosított *vassalak* maradványok adatszolgáltatóként kikerülhetetlenek mind a vasgyártás és vasművesség folyamatainak fizikai-kémiai és metallurgiai aspektusainak, mind a vasleletek származásának jellemzése szempontjából.

Az azonos kontextusból származó, régészeti sztratigráfiai szempontból koherens, adott kronológiai indikátorokkal jellemezhető vassalak maradványok feltehetően egyazon vasműves rendszer azonos korú és származású leletei. Az egyes leletegyütteseken belül azonban mindig tapasztalhatók kisebb-nagyobb eltérések, hiszen a minták származhatnak egy vagy több technológiai ciklus különböző szakaszaiból, a salakok szerkezete és összetétele heterogén, és különbözhetnek az egyes termelési ciklusok körülményei (akár a gyártási recept és eljárás is).

A salakleletek helyes tipizálásának tehát nagy a jelentősége a technológiára, provenanciára vonatkozó megbízható régészeti következtetések szempontjából.

Köszönetnyilvánítás

A jelen kutatás az EME–450/8/1/P.2/2014 projekt keretében valósult meg.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Török B.: *Árpád-kori vaskohászati műhelyek metallurgiája a műszaki vizsgálatok tükrében*, Gesta IX, 2010, 227–232.

[2] Charlton, M.F. és mások: *Measuring variation in iron smelting slags: an empirical evaluation of group-identification procedures*, in "The World of Iron", Humphris, J., Rehren, Th., (szerk.), Archetype Publications, London, ISBN: 9781904982975, 2013, 421–430.

[3] Friede, H. M. és mások: *Archaeo-metallurgical studies of iron smelting slags from prehistoric sites in Southern Africa*, Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 82 (2), 1982, 38–48.

[4] Howard, A., és mások: *The evolution of arms and armors during the Crusades*, Project Report, Worcester Polytehnic Institute, 2013, 19.

[5] www.wealdeniron.org.uk

[6] Buchwald, V. F., Wivel, H.: *Slag analysis as a method for the characterization and provenancing of ancient iron objects*, Materials Characterization, 40, 1998, 73–96.

[7] Charlton, M.F. és mások: *Explaining the evolution of ironmaking recipes – an example from northwest Wales*, Journal of Anthropological Archaeology, 29, 2010, 352–367.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 243–246. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.53
http://hdl.handle.net/10598/28629

A FELÜLETI ÉRDESSÉG HATÁSA RAGASZTOTT KÖTÉSEK SZILÁRDSÁGÁRA

EFFECT OF SURFACE ROUGHNESS ON THE STRENGTH OF ADHESIVE BONDING

Palásti-Kovács Béla[1], Gelencsér Balázs[2], Czifra Árpád[3]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon/Fax: +36-1-666-5356, palasti@uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon/Fax: +36-1-666-5356, gelencser991@gmail.com*

[3]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon/Fax: +36-1-666-5391, czifra.arpad@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

Nowadays adhesive bounding becomes more and more popular in jointing of machine elements. It is important to know, how surface finishing and microgeometric preparation influence the jointing strength. In present study, shearing strength was examined using different type of adhesives of Loctite and Teroson (epoxy, acril, cianacrilat, MS polymer) and different surface roughness, but same layer thickness. After defining the optimal surface roughness the connection between layer thickness and jointing strength was investigated. Based on more than hundred tests, conclusions about the importance of surface roughness were drawn. It was proved that, surface roughness highly influence the adhesive bounding and the optimal layer thickness – connected to the bonding material – also has great influence to joint strength.

Keywords: *surface roughness, adhesive bonding, joint strength.*

Összefoglalás

Napjainkban a gépelemek szilárd összekapcsolásában, rögzítésében egyre nagyobb szerepet kap a ragasztás. Kérdés, hogy a ragasztott felületek mikrogeometriai előkészítése, felületi érdessége mennyire és milyen módon befolyásolja a ragasztás erősségét. Dolgozatunk keretében vizsgáltuk a nyírószilárdság függését különböző típusú Loctite, illetve Teroson márkájú ragasztónál (epoxi, akril, ciánakrilát, MS polimer), eltérő felületi érdességeknél, azonos rétegvastagságnál. Vizsgáltuk továbbá az előzőekben már meghatározott optimális érdességek mellett a nyírószilárdság és ragasztási rétegvastagság kapcsolatát is. Az elvégzett több mint száz kísérleti kiértékelésből következtetéseket vontunk le az érdesítés szerepéről a ragasztott felületek előkészítésénél. Rámutatunk arra a tényre, hogy megfelelő érdesítés mellett sokkal jobb eredményt várhatunk el az adott ragasztástól. Kiemeljük azt is, hogy a megfelelő ragasztóhoz és ragasztandó anyaghoz a megfelelő (optimális) ragasztási rétegvastagság kiválasztásának nagy jelentősége van.

Kulcsszavak: *felületi érdesség, ragasztott kötés, kötési szilárdság.*

1. Bevezetés

A világon ma az ipari termékek kb. 15-20%-át ragasztóanyagok felhasználásával állítják elő, és ez az arány várhatóan növekedni fog. A ma készült ragasztók megbízhatósága és teherbírása vetekszik más kötési módok terhelhetőségével. A ragasztóanyagok jelentősége abban rejlik, hogy különböző alapanyagú elemeket is képesek szilárdan összekötni.

A fémragasztás technikája az 1940-es években forrott ki a repülőgép- és hadiipar számára. A ragasztástechnika fejlődéséhez a piaci igények és olyan tapasztalatokkal rendelkező nagyvállalatok kutatómunkája járult hozzá, mint a ragasztástechnikában élen járó Loctite cég.

A ragasztások készítésekor az összekötendő darabok felületkezelése is szükségessé válik. Itt jelenik meg a felület mikrogeometriája (érdessége) és annak szerepe a ragasztott kötés szilárdságára [1].

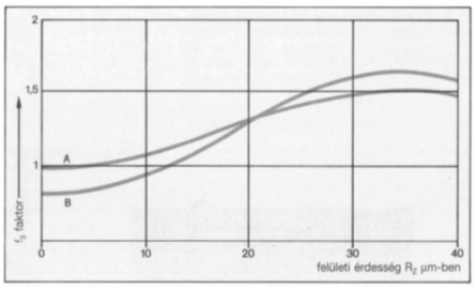
2. A felületi érdesség és a szakítószilárdság

A ragasztott kötések nyírószilárdsága és a felületi érdesség nagysága között különböző javaslatokat találunk. Szemcseszórt fémfelületek vizsgálatánál Rmax = 7µm-nél a legkisebb a nyírószilárdság, s ha ezt különböző beesési szögekkel durvítják, akkor ezzel a szilárdság is nő [1].

Már az 1950-60-as években megállapították, hogy a felületi érdességi értékeknek nincs nagy jelentősége: „Lényegesen finomabb és durvább felületek esetén sem mutatkoztak jelentős szilársági eltérések” [2]. Napjaink vizsgálatai [3] pontosítják ezeket az eredményeket. Megállapítják, hogy a felület amplitúdó paramétereivel csak gyenge korrelációt mutat a kötés erőssége, ugyanakkor a felület hibrid paraméterei erősen befolyásolják a kötési szilárdságot.

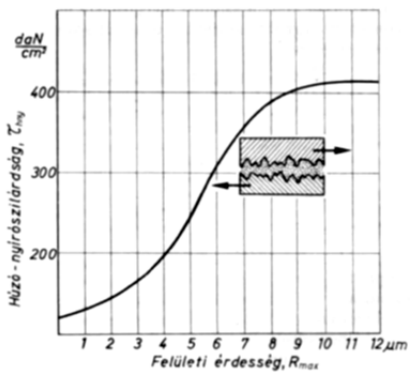
Ennek ellenére az ipari gyakorlat továbbra is elsősorban az érdesség magassággal jellemzi a ragasztott felületeket.

Az 1980-as évek Loctite ajánlásaiban ragasztott kötésekhez az **1. ábra** szerint Rz= 25…40µm egyenetlenség-magasság adja a legkedvezőbb nyírószilárdságot (f_3 faktor). Ez azt jelentette akkor, hogy a szilárd illesztések finomságához (Rz=2,5…6,5µm) képest jelentős költségmegtakarítást eredményezhetett a ragasztás [4], s így a mechanikus finommegmunkálás elhagyása.



1. ábra. *Az f_3, faktor a szilárság az érdesség függvényében különböző LOCTITE típusokhoz. [4]*

Az újabb Loctite vizsgálatokban azt tapasztalták, hogy forgácsoló megmunkálással előkészített ragasztandó felületeknél általában az Rmax= 8-12 µm maximális felületi érdesség (**2. ábra**) adta a legkedvezőbb kötésszilárdságot [5].



2. ábra. *A ragasztás nyírószilárdsága és az érdesség kapcsolata [5]*

3. Kísérleti vizsgálatok leírása

A felületi korrózió elkerülése miatt X8CrNi1810 korrózióálló acél próbatesteket készítettünk elő szemcseszórással, különböző felületi finomságúra. Öt érdességi csoportot (25 - 25 db) különítettünk el, s az előkészítés után mértük és átlagoltuk a felületi érdesség Ra, Rz, Pa, Pz paramétereit. A csoportok átlagértékeit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. *Az érdességi csoportok paraméterértékei*

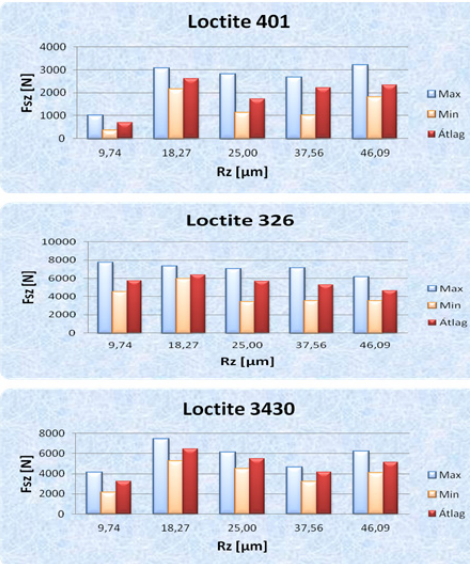
Cs.	Ra [µm]	Rz [µm]	Pa [µm]	Pz [µm]
1.	1,45	9,74	1,55	11,56
2.	2,16	18,27	5,83	36,98
3.	3,15	25,00	11,46	57,18
4.	5,40	37,56	11,00	68,06
5.	6,67	46,09	12,45	77,38

A mérési eredményekből látható, hogy a csoportok jól elkülöníthető érdességgel rendelkeznek, de azt is ki kell emelni, hogy a szűrt Rz értékek és a szűretlen (valóságban működő P-profil) Pz értékek jelentősen eltérnek egymástól [6].

A Loctite 401 és 326-os ragasztók esetében null-hézaggal, míg a Loctite 3430 és a Toroson MS 9399 esetében 0.5 mm-es hézaggal végeztük el a ragasztást (Loctite ajánlás). A megfelelő kötési idő eltelte után került sor a szakításokra TTM 100-as univerzális szakítógéppel. A szakítódiagramokat és a nyírószilárdság értékeit rögzítettük.

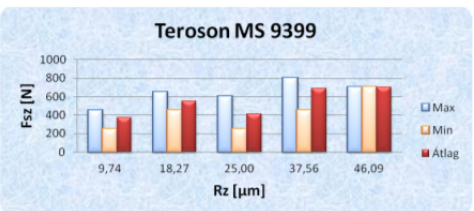
4. Kísérleti eredmények kiértékelése: érdesség – nyírószilárdság kapcsolata

A mérések eredményeit oszlopdiagramokban vethetjük össze. Ezekből egyértelműen meghatározható az adott körülményekhez viszonyított optimális felületi érdesség. Három ragasztónál a ragasztási szilárdság Rz=18,27 µm egyenetlenség magasságig nőtt, itt adta a maximális szilárdságot, majd csökkent. A csökkenés után némi növekedés is megfigyelhető volt a 3430 és az MS 9399 ragasztónál (**3. ábra**).



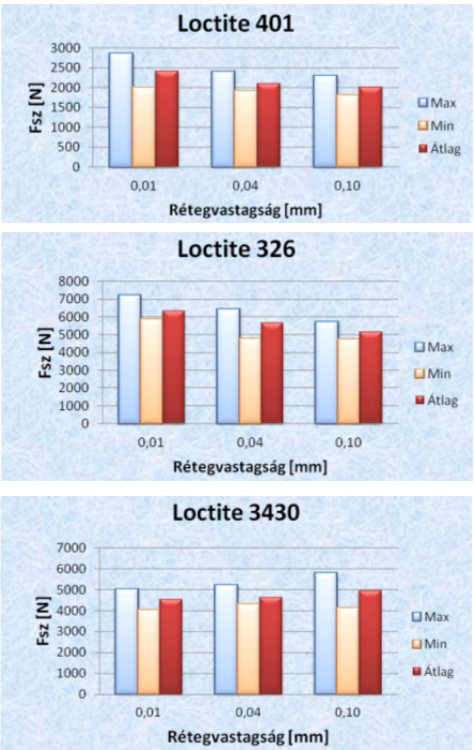
3. ábra. *A ragasztás nyírószilárdsága és az érdesség kapcsolata kísérleteinkben*

Az MS 9399 ragasztónál az Rz érték növekedésével növekedett a ragasztási szilárdság is (**4. ábra**). A méréseknél megfigyelhető viszonylag nagy szórás annak tudható be, hogy szemcseszórással nem lehet teljesen homogén felületet előállítani, mivel kicsit változik a pisztoly és a munkadarab távolsága, egymáshoz viszonyított helyzete.



4. ábra. *A ragasztás nyírószilárdsága és az érdesség MS 9399 ragasztónál*

Vizsgáltuk a ragasztási szilárdságot különböző ragasztási hézagoknál is, az előzőekben megismert optimális Rz=18,27 µm átlag-érdesség mellett a Loctite 401, Loctite 326, és Loctite 3430 ragasztónál. A választott ragasztási hézagok: 0,01 mm; 0,04 mm; 0,1 mm voltak, melyeket megfelelő hézagoló lemezzel biztosítottunk. Az eredményeket az **5. ábra** mutatja be.



5. ábra. *A ragasztás nyírószilárdsága és a ragasztási hézag kapcsolata*

Kiértékelve az eredményeket egyértelműen látszik, hogy a Loctite 401 és a Loctite 326 esetében a kisebb, míg a Loctite 3430 esetében a nagyobb ragasztási hézag a kedvezőbb.

4. Összegzés, következtetések

A ragasztásnál a helyes felületi érdesség megválasztásával a gyártási költségek és a selejtek száma nagyban csökkenthető, illetve jelentős szilárdsági, s így tartóssági növekedést érhetünk el.

A mérések alapján kiderült, hogy felületi érdességnek jelentős befolyásoló szerepe van a ragasztás kötési szilárdságára.

A kísérletek alapján kijelenthető, hogy az X8CrNi1810 korrózióálló acélból készült próbatesteknél, a vizsgált ragasztóknál, egy kivétellel az Rz=15-20 µm-es érdességi tartományban legjobb a ragasztás szilárdsága. Kivétel az MS 9399 volt, itt az érdesség növekedésével nőtt a kötési szilárdság is.

A rétegvastagság kötési szilárdságra gyakorlot hatása a ragasztóanyagtól függ. Egyes esetekben a kisebb, míg más esetekben a nyagobb rétegvastagság kedvező.

A Henkel JointCalc2.0 programmal szimulálja a ragasztott kötéseket. A fentiek alapján javasoljuk, hogy a ragasztandó felületek érdessége is változóként szerepeljen a szimulációs programban.

Az R érdességi paraméterek és a P szűretlen profil paraméterei között jelentős különbség van, ami felveti azt a kérdést is, hogy melyik típusú paramétert célszerű alkalmazni az előírások során.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Gelencsér Balázs: ÓE-BGK Szakdolgozat: "A felületi érdesség és a ragasztás kapcsolata Ko33 lemez próbatesteknél" 2014. 06.

[2] Ragasztástechnikai Zsebkönyv, Balázs Gyula, Műszaki Könyvkiadó Budapest 1976

[3] W. Zielecki, P. Pawlus, R. Perlowski, A. Dzierwa: Surface topography effect on strength of lap adhesive joints after mechanical pre-treatment, Archives of Civil and Mechanical Engineering 13 (2013) 175–185

[4] Der LOCTITE ©1988, LOCTIE Deutschland GmbH. 2. átdolgozott kiadás

[5] Loctite: Worldvide design handbook, 2. javított kiadás ©1998 Loctite European Group Munich, Germany (ISBN 0-96 5590-0-5)

[6] Dr. Palásti-Kovács, - B. Pintér, L. - Dr. Czifra, Á.: Relationship between tolerance and surface roughness II. XIX. FMTÜ-2014.03.19-20. 321-324.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 247–250. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.54
http://hdl.handle.net/10598/28663

FORGÓBORONA MUNKAESZKÖZÉNEK KINEMATIKAI VIZSGÁLATA

RESEARCH ABOUT THE KINEMATICS OF THE ROTARY HARROW'S WORKING TOOL

Pásztor Judit[1], Forgó Zoltán[2]

[1] *Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar / Târgu Mureş, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Şoseaua Sighişoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170, Fax: +40 265 206 211, E-mail: pjudit@ms.sapientia.ro*

[2] *Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar / Târgu Mureş, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Şoseaua Sighişoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170, Fax: +40 265 206 211, E-mail: zforgo@ms.sapientia.ro*

Abstract

The preparation of the seedbed represents an essential work for the growth and development of plants. It is an important consumer of energy. The rotary harrow is meant to carry out of the preparing the seedbed. In this paper we study the kinematics of the rotary harrow's tools.

Keywords: *rotary harrow, kinematics, trajectory, velocity, acceleration.*

Összefoglalás

A termesztendő növények talajának előkészítése nagyon fontos művelet. A gépek munkája hatással van a talaj fizikai-mechanikai tulajdonságaira, közvetve a növényekre, ezért megválasztásuk és üzemeltetésük nagy körültekintést igényel. A forgóborona egy aktív magágy-előkészítő munkagép. Dolgozatunkban meghatározzuk a forgóborona munkaeszközeinek kinematikai egyenleteit.

Kulcsszavak: *forgóborona, kinematika, pályagörbe, sebesség, gyorsulás.*

1. Bevezetés

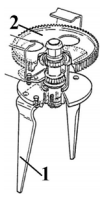
A talajművelés mechanikai beavatkozás, célja a termesztendő növény számára kedvező talajállapot kialakítása. A talajművelés alapműveletekre, magágy-előkészítésre és tarlómunkákra osztható. A magágy-előkészítés a legigényesebb beavatkozás.

A forgóborona a magágy-előkészítés munkagépe. Munkája során a talaj aprítását végzi. Aprítás közben lazít, egyenget és erőteljesen kever is. A forgóborona kényszerhajtású, munkaeszközei aktívak. Vontatás közben az erőgép teljesítmény-leadótengelyéről, a TLT-ről is kapnak hajtást. Így kevesebb a munkagép vonóerő-igénye, kisebb a vontatásnál jelentkező csúszási veszteség, ezért nedvesebb talajviszonyok közt is alkalmazható [1].

Az gépüzemeltetés mindenkori célja a növény által igényelt magágy lehető legkevesebb menetszámmal és kedvező energiafelhasználással való biztosítása. A mozgáspályák matematikai modellezése alapján tanulmányozható a munkaeszköz mozgása, [5].

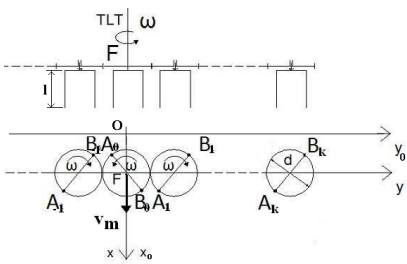
2. A forgóboronafog kinematikai egyenletei

A forgóborona munkaeszköze az *1* boronafog. A boronafogak páronként egy vízszintes tárcsára vannak erősítve, egy függőleges tengely körül forognak a 2-es fogaskerék segítségével, **1. ábra**, [1].



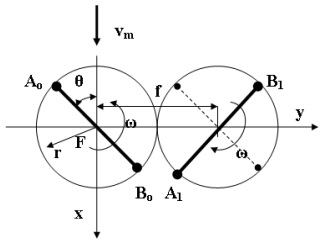
1. ábra. *A forgóborona munkaeszköze [1]*

A munkaeszközök hajtása az erőgép teljesítmény-leadó tengelyéről történik, lassító áttételen keresztül, **2. ábra**. A TLT tengely fordulatszáma egyezményes, 540 ford/min. A hajtásláncolatot úgy alakították ki, hogy a traktor-TLT-ről érkező forgó mozgását fogaskerekek közvetítik a függőleges tengelyekhez, így a szomszédos művelőeszközök ellentétesen forognak.



2. ábra. *A forgóborona felépítése*

Az $A_k(x_{Ak},y_{Ak},z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk},y_{Bk},z_{Bk})$, pontok egy művelőeszköz boronafogainak hegyét jelképezik. A szerszámok talajba nyúló részei a forgó és haladó mozgás együttes hatására mozdulnak el. Az ugyanazon művelőeszköz boronafogai egymáshoz képest 180º-os szögeltolódással, a szomszédos művelőeszköz boronafogai 90º, illetve 270º-os eltolódással mozognak, **3. ábra**.



3. ábra. *Forgóborona-fogcsúcs kinematikája*

A boronafogak csúcsait $A_k(x_{Ak},y_{Ak},z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk},y_{Bk},z_{Bk})$ jelölésekkel jelöltük. Az $A_0(x_{A0},y_{A0},z_{A0})$, $B_0(x_{B0},y_{B0},z_{B0})$ pontokkal sorszámozott művelőeszközt tekintjük a TLT-ről meghajtott művelőeszköznek.

$A_k(x_{Ak},y_{Ak},z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk},y_{Bk},z_{Bk})$ pontok kinematikai egyenleteit általánosítva adjuk meg. Így alkalmazhatók változó számú művelőszerszámmal szerelt forgóboronák tanulmányozására. A mozgás egyenletei az *xFy* mozgó koordináta rendszerben a következő összefüggéssel számolhatók, [2], [4], [6]:

$$\theta = \omega \cdot t \tag{1}$$

$$A_k \begin{cases} x_{Ak} = r\cos[(-1)^k\theta + k\dfrac{\pi}{2}] \\ y_{Ak} = fk + r\sin[(-1)^k\theta + k\dfrac{\pi}{2}] \\ z_{Ak} = -l \end{cases} \tag{2}$$

$$B_k \begin{cases} x_{Bk} = r\cos[(-1)^k\theta + (k+2)\dfrac{\pi}{2}] \\ y_{Bk} = fk + r\sin[(-1)^k\theta + (k+2)\dfrac{\pi}{2}] \\ z_{Bk} = -l \end{cases} \tag{3}$$

$$k = \left\{-\frac{n}{2}+1,\ldots,\frac{n}{2}\right\}, n \in N \tag{4}$$

vagy: $$k \in \left\{-\frac{n}{2},\ldots,\frac{n}{2}-1\right\}, n \in N \tag{5}$$

$$r = \frac{d}{2} \qquad (6)$$

ahol: d [m] a művelőeszköz tárcsájának átmérője; ω [rad/s] a hajtótengely szögsebessége; l [m] a művelőeszköz magassága; k a művelőeszköz sorszáma; n a művelőeszközök száma, f [m] a művelőeszközök közti osztástávolság. Megjegyzés:

- n páros természtes szám,
- f értéke függ a boronafog alakjától.

Az $A_k(x_{Ak},y_{Ak},z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk},y_{Bk},z_{Bk})$ pontok pályagörbéje az xOy álló koordináta rendszerben a következő transzformációs matrixxal határozható meg, [2], [4]:

$$A, B_{xOy} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & v_m t \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (7)$$

A mozgásegyenletek az álló, xOy koordináta rendszerben, amely az xFy mozgó koordináta rendszerhez képest vm sebességgel halad Fx tengely irányában, **3. ábra**, a következők:

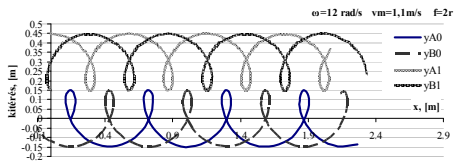
$$\begin{pmatrix} {}^o x_{Ak} \\ {}^o y_{Ak} \\ {}^o z_{Ak} \\ 1 \end{pmatrix} = A, B_{xOy} \cdot \begin{pmatrix} x_{Ak} \\ y_{Ak} \\ z_{Ak} \\ 1 \end{pmatrix} \qquad (8)$$

$$ {}^o A_k \begin{cases} {}^o x_{Ak} = r\cos[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] + v_m t \\ {}^o y_{Ak} = f \cdot k + r\sin[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] \\ {}^o z_{Ak} = -l \end{cases} \qquad (9)$$

$$ {}^o B_k \begin{cases} {}^o x_{Bk} = r\cos[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] + v_m t \\ {}^o y_{Bk} = fk + r\sin[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] \\ {}^o z_{Bk} = -l \end{cases} \qquad (10)$$

ahol: v_m a munkagép haladási sebessége, [m/s]. Az összefüggésekben található jelölések a **3. ábrá**n követhetők.

A mozgásegyenletek grafikus képe a szakirodalomban fellelhető ábrával megegyezik, **4. ábra**, tehát a *(9), (10)* egyenletek helyeseknek tekinthetők és alkalmasak a további vizsgálatok elvégzéséhez.



4. ábra. *Forgóborona-fogcsúcsok mozgáspályái*

A mozgásegyenletek segítségével meghatároztuk az általános $A_k(x_{Ak},y_{Ak},z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk},y_{Bk},z_{Bk})$ pontok pillanatnyi sebességeit és gyorsulásait.

A pillanatnyi sebességek összefüggései:

$$\begin{cases} {}^o \dot{x}_{Ak} = v_{xAk} = -(-1)^k r\dot{\theta}\sin[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] + v_m \\ {}^o \dot{y}_{Ak} = v_{yAk} = (-1)^k r\dot{\theta}\cos[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] \\ {}^o \dot{z}_{Ak} = v_{zAk} = 0 \end{cases} \qquad (11)$$

$$\begin{cases} {}^o \dot{x}_{Bk} = v_{xBk} = -(-1)^k r\dot{\theta}\cdot\sin[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] + v_m \\ {}^o \dot{y}_{Bk} = v_{yBk} = (-1)^k r\dot{\theta}\cdot\cos[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] \\ {}^o \dot{z}_{Bk} = v_{zBk} = 0 \end{cases} \qquad (12)$$

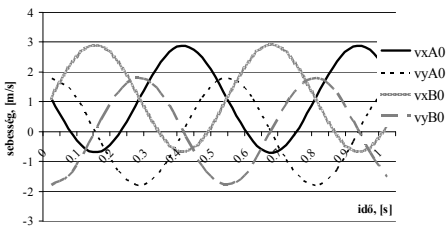
$$\dot{\theta} = \varpi \qquad (13)$$

A pillanatnyi gyorsulás összefüggései:

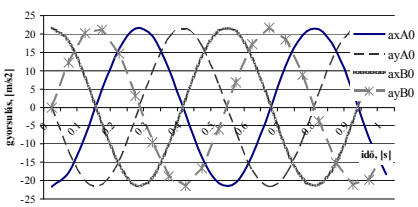
$$\begin{cases} {}^{o}\ddot{x}_{Ak} = a_{xAk} = -r\dot{\theta}^2 \cos[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] \\ {}^{o}\ddot{y}_{Ak} = a_{yAk} = -r\dot{\theta}^2 \sin[(-1)^k \theta + k\frac{\pi}{2}] \\ {}^{o}\ddot{z}_{Ak} = a_{zAk} = 0 \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} {}^{o}\ddot{x}_{Bk} = a_{xBk} = -r\dot{\theta}^2 \cos[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] \\ {}^{o}\ddot{y}_{Bk} = a_{yBk} = -r\dot{\theta}^2 \sin[(-1)^k \theta + (k+2)\frac{\pi}{2}] \\ {}^{o}\ddot{z}_{Bk} = a_{zBk} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

A hajtó művelőszerszám boronafogainak pillanatnyi sebességei és gyorsulásai az **5. ábrán**, illetve **6. ábrán** láthatók. A pillanatnyi értékeket r=0,15 m, ω=12 rad/s, v_m=1,1 m/s sajátos esetben számítottuk:



5.ábra. *Forgóboronafogak pillanatnyi sebességei*



6.ábra. *Forgóboronafogak pillanatnyi gyorsulásai*

3. Következtetések

A szerszámok talajba nyúló részei a forgó és haladó mozgás együttes hatására hurkolt ciklois pályát írnak le a talaj felszíne alatt *l* mélységben lévő vízszintes síkban. E mozgás jelentős keverő hatást eredményez az aprítás mellett. Emiatt nő a munkagép által felvett energia.

A dolgozatban meghatározott kinematikai egyenletek leírják a szakirodalomban fellelhető mozgáspályát, így alkalmasak az elméleti vizsgálatok elvégzéséhez. Ezen elméleti vizsgálatok a gyakorlati vizsgálatokat alapozzák.

A forgóborona kinematikai egyenletei alapján meghatározhatók a dinamikai és az energetikai egyenletek, amelyek segítségével tanulmányozható a munkagép energiaigénye.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Láng, Z.: A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag – termesztés berendezései és gépei, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999, 192-198.

[2] Máté, M.: Műszaki mechanika – kinematika, EME Kiadó, Kolozsvár, 2010, 24-38;

[3] Naghiu, Al.: Maşini şi instalaţii agricole, vol. I, Risoprint Kiadó, Kolozsvár, 2004, 192-198.

[4] Papp, I.: Mechanizmusok elmélete, Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2010;

[5] Pásztor, J., Forgó, Z.: Ásógép munkaeszközének kinematikai és dinamikai vizsgálata, Erdélyi Múzeum Egyesület, Műszaki Tudományok Szakosztálya, XIX. FMTÜ, ISSN 2067 - 6 808, 2014. március 20-21, Kolozsvár, 325-328. http://eda.eme.ro/handle/10598/28187.

[6] Tolvaly-Rosca, F.: A számítógépes tervezés alapjai: AutoLisp és Autodesk Inventor alapismeretek, Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó, Kolozsvár, 2009, 70-75.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 251–254. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.55
http://hdl.handle.net/10598/28630

ÍVHEGESZTŐ ROBOTOK SZENZORJAI

ARC WELDING ROBOTS' SENSORS

Joao Vitor Martins Rodrigues Pereira[1], Ricardo Do Amaral Oliveira[2]

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, Cím: 1038 Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8; Telefon: +36-1-6665400,

[1] *joaovitormrodrigues@gmail.com*

[2] *rih.oliveira@hotmail.com*

Abstract

This paper presents an introductory content about arc welding robots' sensors, their specific applications to control the robotic welding process and weld seam formation. Application of sensors is required because of geometrical deviations and incorrect positioning of the welded elements to the ideal, or programmed geometries. For this reason sensors are used to reach accurate initial position of welding, further for tracking the welding gap by the welding gun. Quality of welding highly dependent on the arc conditions so the arc control is essential to fulfill this requirement. Beside the arc control the weld pool and seam control are possible aims of sensor applications for arc welding robots. Several kinds of sensors and solutions could be applied starting with the simple touching electrodes through the laser beam based measuring units up to the systems based on image processing. Through some examples, industrial and research phase solutions are described in this paper.

Keywords: *arc welding robot, sensors, welding gap tracking, weld pool control, weld seam control.*

Összefoglalás

Ebben a cikkben bemutatjuk az ívhegesztő robotoknál alkalmazható legfontosabb szenzorokat, ismertetjük alkalmazásukat a hegesztési folyamat szabályozásában és a hegesztési varrat készítésében. A szenzorok alkalmazása mindenképpen szükséges a hegesztendő darabok geometriai eltérései és helytelen rögzítése miatt, mivel a robotok programjait az ideális geometria alapján készítik el. Éppen ezért szenzorokat kell használni a kezdő hegesztési helyzet megkereséséhez, a hegesztési rés pontos követéséhez. A hegesztés minősége jelentősen függ az ív állapotától, amelynek folyamatos felügyelete is alapvetően fontos. Az ív szabályozása mellett az ömledék és a hegesztett kötés felügyelete is feladata lehet a hegesztő robotoknál alkalmazott szenzoroknak. Sok féle szenzor és műszaki megoldás jöhet szóba, kezdve az egyszerű érintő elektródától, a lézer sugárral mérő egységeken át a képfeldolgozáson alapuló rendszerekig. A cikkben néhány példán keresztül, ipari és kutatási állapotú megoldásokat mutatunk be.

Kulcsszavak: *ívhegesztő robot, szenzorok, hegesztési rés követés, hegesztési fürdő szabályozás, hegesztési varrat szabályozás.*

1. Introduction

Most of the welding robots applied in automatic welding cells is mainly teach and playback robot. Nevertheless many variables affect welding process, such as the inaccuracy of pre-machining, fixing of workpiece and in-process thermal distortions. These disturbances change the gap size, the seam position and remarkably affect the quality of the welded joints. Robots in teach and playback mode have no adaptive functions and usually weld a weldments with lots of flaws, even burning through or incomplete penetration. So, it is necessary to develop an automatic control system for those welding robots working in teach and playback mode.

2. Sensors of Cloos robots

The sensors are used to measure the work piece and supply a position for the robot. There are four mainly CLOOS sensors with different capacity ranges which will be analyzed in this project [1]. They are tactile gas nozzle sensor, arc sensor, laser offline sensor and the laser online sensor. These sensors have different tasks depending on the production requirements.

2.1. Tactile gas nozzle sensor

The tactile gas nozzle sensor is a sensor which can determine the work piece position by an electro-mechanical detecting principle. Using an electrical current, the sensor can determine the start and/or end of the weld seam by touching the work piece on three directions. The programmer has to memorize three start points in the system. Using these points, the robot moves on three different directions and determines the weld seam start point (Fig. 1). When the gas nozzle touches the work piece, it discharges an electrical current and the computer can measure the distance, calculating the weld seam start position. It is very useful to ensure a correct weld path even the work piece change the position after the programing.

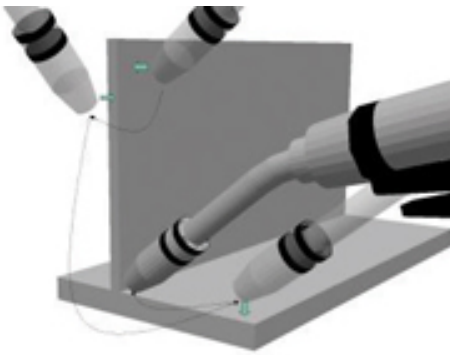


Fig. 1 *Finding weld seam start point by gas nozzle*

2.2. Arc sensor

The arc sensor uses the arc properties to simultaneously weld and measure the joint position of the work piece. It measures whether the torch position is actually following the programmed path during welding. If the measured values, which are obtained electronically from the welding current and voltage, are not the same on both sides, the weld seam position deviates from the programmed path.

Fig. 2 *Misalignment of the weld without arc sensor*

The computer-based robot controller adjusts the welding head position so that the seam is placed exactly in the centre of the joint. In addition, this procedure corrects the distance of the welding torch to the work piece.

2.3. Offline laser sensor

Offline laser sensor detects the start and/or the end of the weld seam offline before welding and collects measurement data. It determines the positions and measurements by sending a light beam onto the material surface and receiving the reflection. This sensor can be combined with the arc sensor to improve the quality of the measurements. [2]

Fig. 3 *Searching for the starting point of the weld seam by offline laser sensor*

2.4. Laser online sensor

The laser online sensor also uses a light beam to measure the section to be welded. The difference is the laser online sensor work during the welding. Therefore the position of the tooling, the welding torch or the laser beam, and various process parameters are continuously adjusted to improve the quality of the welding.

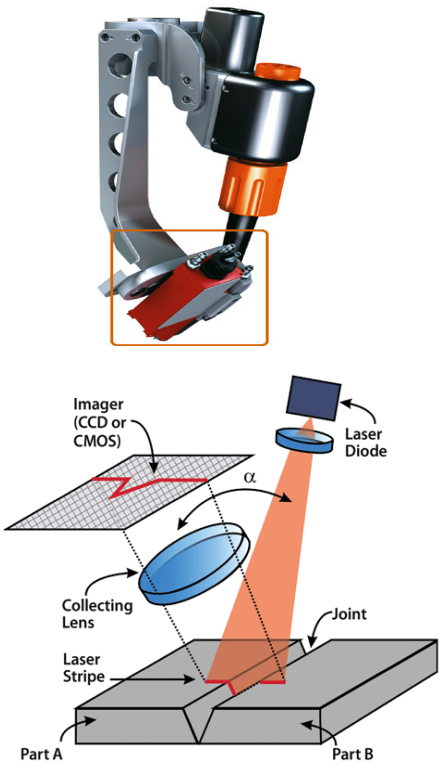


Fig. 4 *Operation scheme of an online laser sensor*

3. Researches in robot vision

There are lots of researches done on the field of robot vision. Most of them are based on image processing solutions for continuous observation and control of the welding process; the weld pool and the resulting weldments.

Passive vision is always a focus in the field of the sensing technique of the welding robot. The passive vision has many advantages, for example, it does not contact

the weld pool, the information is quite abundant and the cost is low. Most welding related applications are used in seam tracking and weld pool size measuring [3].

The vision-based welding robot system consists of a "teach and playback" robot, a visual sensor, a welding power source, a wire feeder controller, a control computer and an interface box. The visual sensor consists of a charge coupled device (CCD) camera, a wideband filter, two dimmer glasses and reflective mirrors. The light transmission wideband is 590 nm to 710 nm. The sensor is fixed at the end joint of the robot and moves with the robot. The CCD camera receives the weld pool image through optical filters after twice reflection. The computer captures the images by the image capturing board, extracts the offset and the seam gap using image processing algorithms, and calculates the voltage values for the seam tracking and the welding current and the wire feed rate adjusting. The analogue voltages are sent to the robot controller, the power source and the wire feeder.

The visual sensor captures the images of the weld pool in the top face front. The seam edges and the projection point of the tungsten electrode on the workpiece have been exacted accurately by a series of digital image processing procedures in the image plane coordinate system, such as median filter, edge detection and thinning.

In order to maintain the stability of the welding process, the parameters should be adjusted as little as possible. When the gap is small, a good welding joint can be attained by just adjusting the wire feed rate. But when the gap is too great, the heat input at constant current proves to be larger than that the required and the workpiece would be often burned through.

Wire feed rate is the key factor to compensate for changes in the gap that occur during welding process. In this research, the authors studied the backing weld of aluminium alloy planes with groove, whose reinforcement was required to be in the range of (-0.5-0) mm with zero gap being most desirable.

Fig. 5 *The result of the product: (a) without control; (b) with automatic control*

The passive vision is demonstrated as a feasible method to detect the offset of the torch to the seam and the seam gap during the square-wave AC GTAW.

4. Conclusions

Arc welding robot sensors are used to make more reliable the automatic welding process. Applying simple touch probes or developing robot vision based systems several industrial and research solutions are known. Some of these solutions introduced in this paper to show the starting point of further investigations.

References

[1] www.cloosrobot.com, 19th February 2015.
[2] www.image.thefabricator.com, 19th February 2015.
[3] Hong-yuan Shen, Jing Wu, Tao Lin, Shan-ben Chen: *Arc welding robot system with seam tracking and weld pool control based on passive vision*. Springer-Verlag London, International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2008) vol. 39. 669–678.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 255–258. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.56
http://hdl.handle.net/10598/28661

GANTRY TÍPUSÚ HOBBY CNC MARÓGÉP TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE

GANTRY TYPE HOBBY CNC MILLING MACHINE DESIGN AND CONSTRUCTION

Péter Álmos Lehel[1], Faludi Botond[2], Tolvaly-Roșca Ferenc[3]

[1]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, peteralmos2@yahoo.com*

[2] *Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, faludi_botond@indamail.hu*

[33]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, tferi@ms.sapientia.ro*

Abstract

Nowadays CNC machines are widely used in industry environment. Beside the professional CNC machines, the number of the CNC hobby machines made for personal needs and use, has also increased. The present times technologies allows to us, students in second year at mechatronics, to design and build a hobby milling machine, adequate to our personal needs. This machine can also become a base working machine in our personal workshop. Some base idea and realization are presented, together with a first application of the built machine.

Keywords: *CNC, hobby milling machine, Gantry type*

Összefoglalás

Napjainkban robbanásszerűen elterjedt a CNC szerszámgépek használata az iparban. Az iparban való széleskörűen használt ipari CNC szerszámgépek mellet, kezd nőni a saját célra készített és felhasznált hobby CNC szerszámgépek száma is. A mai technológia lehetővé teszi számunkra, másodéves mechatronikás hallgatók számára azt, hogy megtervezzünk és felépítsünk egy saját készítésű, hobby célt szolgáló CNC marógépet, amit saját igényeinkhez szabhatunk, és ami akár otthoni műhelyünk legfontosabb eszközévé is válhat. Bemutatásra kerül néhány olyan ötletet és megvalósítás, amely segítségével sikerült megépíteni egy ilyen gépet és az első gyakorlati alkalmazása is.

Kulcsszavak: *CNC, hobby marógép, Gantry típus*

1. Célkitűzések

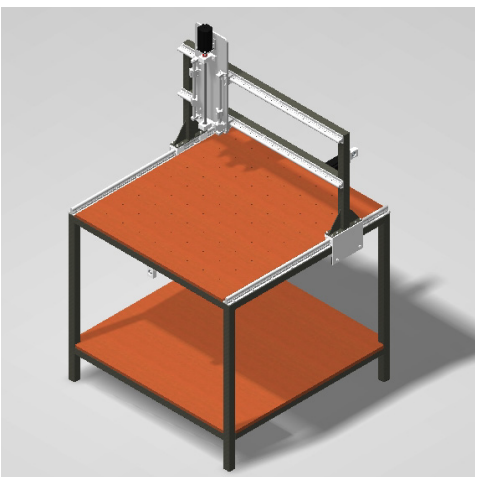
Célkitűzésünk egy olyan CNC marógép készítése, amelyet mind anyagilag, mind tudásunk szintjén meg tudunk valósítani. Elsősorban az altalunk tervezett CNC marógépet nyomtatott áramkörök készítésére és műanyagok megmunkálásra szeretnénk felhasználni. Itt segítségünkre volt az Interneten megtalálható, hobby CNC gépekkel foglalkozó fórumon [1] és egy

gyakorlatilag megvalósított CNC gép képes beszámolója [2].

A megmunkálandó alkatrészek méreteit és anyagát figyelembe véve egy körülbelül 1000x1000 mm marófej-mozgást tűztünk ki célul, így az alábbi paramétereket állapítottuk meg:

- Legkevesebb 1000 X 1000 mm hosszú vezetékek;
- 3Nm-es léptető motorok a golyós orsók meghajtására;
- 48V, 300W teljesítményű, 12.000 fordulat/perc fordulatszámú maró motor.

A szerszámgép mechanikai tervét testmodellként Autodesk Inventorban készítettük el (**1. ábra**).



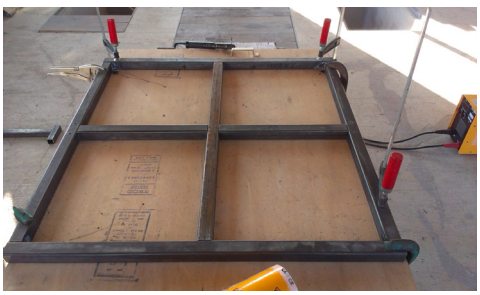
1. ábra. *A hobby CNC marógép testmodellje*

A három fő mozgást golyós vezetékek segítségével, a tengelyek mozgatását pedig golyós orsó és golyósanyával valósítanánk meg, ezek már elérhető áron megvásárolhatók. A gép szerkezetét acél zárt profilból szeretnénk megépíteni. A leptető motorok vezérlését mikrokontroller és a Mach 3 mozgásvezérlő szoftver segítségével akarjuk megvalósítani.

2. A szerszámgép tervezése és gyakorlati megvalósítása

Az általunk tervezett CNC marógép egy kisebb modellje a gyárakban használt CNC szerszámgépeknek. Természetesen a felhasznált alkatrészek nem ipari árakon és nem ipari pontossággal rendelkező alkatrészek. A 3 tengelyes marógép, három lineáris mozgást képes végezni 1000X1000 mm felületen az OX és OY tengelyek mentén, az OZ tengely mentén pedig 200 mm-t. Amint az 1. ábrán is látható a tervezett CNC marógép álló asztalú, Gantry típusú. A 3 tengely menti mozgásokat a marófej végzi.

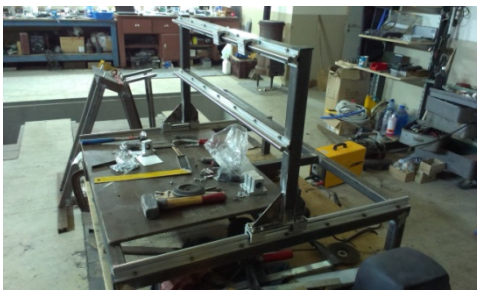
A szerkezeti vázat 40 x 40 x 3 mm acél zárt profilokból készítettük. A végső, megmunkálási pontosság minél magasabb szinten való tartása érdekében, az acélváz elemeinek méretre való szabása és összehegesztése nagy pontosságot igényelt (**2. ábra**).



2. ábra. *A vázszerkezet hegesztése*

A szán mozgatását SFU 1204 típusú golyós orsó és golyósanya segítségével valósítottuk meg. A golyós orsó forgatását 3 Nm nyomatékkal mozgató, Nema 23-as típusú leptető motorokkal valósítottuk meg. Az OX és OY tengely menten való csuszást SBR 16 lineáris vezetékkel és SBR 16 UU csuszkával valósítottunk meg. Az OZ irányú mozgást pedig WCS 12 rúd es SCS 12 csuszkával biztosítottuk.

A vezetékek szerelése igen pontos beállításokat igényelt, ez a szakasz a **3. ábrán** látható.



3. ábra. *A vezetékek szerelése és beállítása*

A forgácsolási sebességet és a hozzá szükséges fordulatszámot egy 48V-os, 12000 fordulat/perc-es 300W-os DC motor biztosítja. A motor ER11 típusú szerszámbefogó tokmánnyal rendelkezik.

Az motorok vezérlését egy BD25 típusú mikrokontroller, illetve DM542A típusú driver biztosítja. A vágópályák és a G kódok generálására a SheetCam programot és a Mach3Mill szerszámgép-vezérlő szoftvert használjuk.

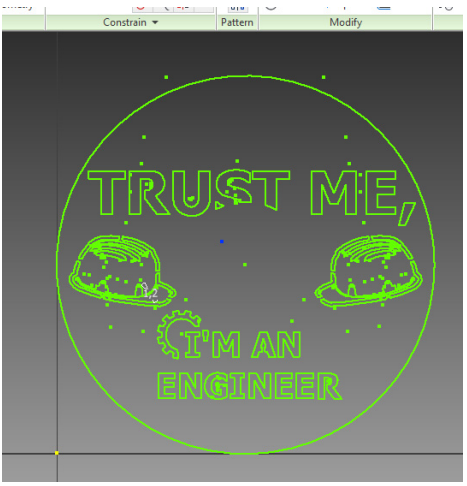
Az összeszerelt és beüzemelt gép a **4. ábrán** látható.

4. ábra. *A beüzemelt, gyakorlati alkalmazásra kész hobby CNC marógép*

3. Gyakorlati alkalmazás

A tervezett marógép megmunkálásra való alkalmazása, jelenlegi műszaki felkészültségünk alapján, 3 szoftver használatát teszi szükségesé. A megmunkálni kívánt darabot Autodesk Inventor programban tervezzük, majd DXF formátumban SheetCam programban importáljuk. A SheetCam program processzor részével generálhatók a szerszámpályák, majd Mach3Mill posztprocesszort használva kigeneráljuk a vezérléshez szükséges G kódokat, ezeket majd a Mach3Mill vezérlőprogramba olvassuk be.

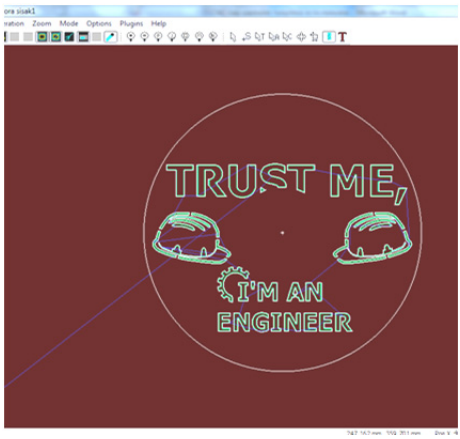
Az első teljes megmunkálásunk Inventor modellje a **5. ábrán** látható. Ez csupán egy egyszerű kéttengelyes megmunkálás, de kezdeti eredménynek egyik legnagyobb sikerélményünk lett.



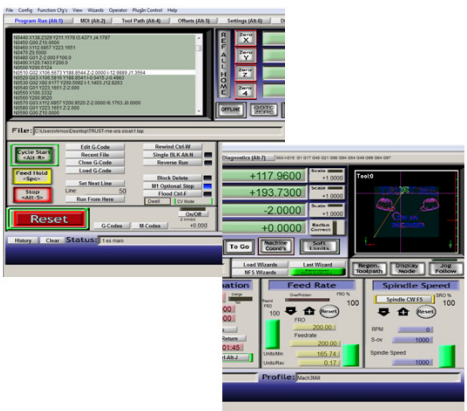
5. ábra. *A darab Inventor modellje*

A modellt DXF formátumban a SheetCam programba importáltuk (**6. ábra**).

A megmunkált darab egy hagyományos bakelit hanglemez volt. Az anyagnak megfelelően az előtolást 1500 mm/perc-re, a teljes 2 mm-es marási mélységet, a beállított 1 mm-es fogásmélységgel két lépésben értük el, a maró fordulatszámát pedig 6000 fordulat/perc-re állítottuk be. Majd az generált szerszámpályákra a SheetCam-ban, a G kódokból álló megmunkáló programot is előállítottuk, Mach3Mill vezérlésére.



6. ábra. *A SheetCam-ba generált szerszámpályák*



7. ábra. *Mach3Mill és a megmunkálási program*

8. ábra. *Órának szerelt kész darab*

Ezt betöltöttük, amint az **7. ábrán** látható, a Mach3Mill vezérlőprogramba.

A megmunkálás 8 perc és 24 másodperc alatt járt le. Ennek az eredménye a **8. ábrán** látható (erre már egy mutatós óraszerkezetet is azonnal felszereltünk).

4. Következtetések

Az általunk tervezett és megvalósított Gantry típusú CNC marógép igazi kihívást jelentett másodéves hallgatóknak. Természetesen, hogy a szerelés során is akadtak gondjaink, amelyeket a jelen dolgozaton belül nincs módunkban részletezni. Apróbb gondjaink voltak úgy a beüzemelésnél, mint a szoftverek beállításánál és használatnál. Amikor szükségét éreztük a segítséget kértünk oktatóinktól és tanárainktól.

Az elért eredmény egyik legfontosabb része a tudás, amelyre szert tettünk a tervezés, kivitelezés és megmunkálások során.

Levonhatjuk a következtetést, hogy nem túl nagy anyagi befektetéssel, nagy elhatározással és kis segítséggel lehetséges hobby CNC szerszámgép előállítása.

Ugyanakkor megállapíthatjuk, hogy nem túl igényes megmunkálásokra, gravírozásra, és ha a megfelelő anyagokat használjuk előgyártmánynak, nem terhelve túl a motorokat és szánokat, szerszámgépünk teljességgel megfelel egy hobby szerszámgép céljainak.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://hobbycncart.com/publ/cikkek/elektronikai_temaju/leptetomotorok_es_vezerlok/4-1-0-18

[2] http://www.sasovits.hu/cnc/index.html

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 259–262. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.57
http://hdl.handle.net/10598/28631

MIKROBIOLÓGIAI GYORSTESZTEK ALKALMAZHATÓSÁGA SZÜRKEVIZEK VIZSGÁLATA SORÁN

USABILITY OF MICROBIOLOGICAL RAPID TESTS FOR GREYWATER ANALYSIS

Petrányi Andrea[1], Fórián Sándor[2], Boros Norbert[3]

[1,2,3]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet-és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető u. 2-4.*

[1] *andi.petranyi@gmail.com*

[2] *forian@eng.unideb.hu*

[3] *nboros@eng.unideb.hu*

Abstract

The drinking water consumption in households can be considerably reduced by greywater recycling. To determine the reusability of greywater we have to specify its main physical, chemical and microbiological parameters. We found that the mean of total plate count in greywater was 4.8 logCFU ml^{-1} and among the different greywater sources in laundry water was the highest (5.3 logCFU ml^{-1}). *E. coli* contamination was significant in bath water samples: 0.8 logCFU ml^{-1}. During storage for 48 hours the dissolved oxygen demand reduced with 30%, while turbidity increased slightly. The increase of total plate count was nearly an order of logCFU ml^{-1} per 12 hours. Based on our results we can say that microbiological load is well definable by microbiological rapid tests.

Keywords: *greywater, microbiological tests, storage.*

Összefoglalás

A szürkevizek hasznosításával jelentős mértékben csökkenthető a háztartások ivóvíz-felhasználása. Az újrahasznosíthatóság meghatározásához azonban fontos a szürkevizek egyes fizikai, kémiai és mikrobiológiai paramétereinek vizsgálata. Kutatásunk során megállapítottuk, hogy a szürkevizek össztelepszáma 4,8 lgCFU/ml, a vizsgált szürkevíz források közül a mosóvizekben volt a legmagasabb (5,3 lgCFU/ml). Az *E. coli* terheltség a fürdővíz minták esetén volt jelentős: 0,8 lgCFU/ml. A 48 órás tárolás alatt a minták oldott szerves széntartalma 30%-kal csökkent, míg ezzel egy időben a zavarosság kismértékben nőtt. Az össztelepszám a fürdővíz mintában közel egy nagyságrenddel nőtt 12 óránként. Az eredményeink alapján elmondható, hogy a mikrobiológiai gyorstesztekkel jól értékelhető az egyes minták mikrobiális terheltsége és e minőségi paraméter változása a tárolás során.

Kulcsszavak: *szürkevíz, mikrobiológiai gyorstesztek, tárolás.*

1. Bevezetés

Szürkevíznek nevezünk minden fürdésből, mosásból, illetve mosogatásból származó szennyvizet. Megfelelő kezelés után e vizek újrahasználhatók, többek között WC öblítésére vagy kertek öntözésére [1].

Az újrahasznosításra szánt szürkevíznek meg kell felelni bizonyos elvárásoknak, melyet elsősorban higiéniai, esztétikai és környezeti szempontok határoznak meg.

A szürkevizek tartalmazhatnak patogén kórokozókat (baktériumok, vírusok), melyek egészségügyi veszélyt jelenthetnek az újrahasználat során [2, 3]. A legtöbb szakirodalom az alábbi mikroorganizmusokat említi, mint potenciális veszélyforrásokat: *Escherichia coli*, *Salmonella ssp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* és egyes vírusok [4, 5].

A vizekben jelenlévő kórokozókat számos módszerrel meghatározhatjuk. Gyakori vizsgálati módszer a Petri-csészében, szélesztéssel történő tenyésztés, de emellett számos más vizsgálati módszer is ismert. Gyakran szükség van gyorsabb eredményekre, főként az élelmiszeripar és a humán gyógyászat számára.

Az MPN (most probable number=legvalószínűbb szám) módszer lényege, hogy a mikrobákat szelektív, folyékony táptalajban szaporítjuk, és a mikrobaszaporodást mutató csövek száma alapján, statisztikai úton következtetünk a keresett mikroorganizmusok számára [6]. E módszerrel a koliform és *E. coli* baktériumok egyidejűleg meghatározhatóak.

Membránszűréssel történő meghatározás során adott mennyiségű mintát 0,45 µm pórusátmérőjű membránszűrőn átszívatunk. A szűrőlapot szelektív táptalajra helyezve tenyészthetők a vizsgálni kívánt mikroorganizmusok [7]. Az eredményt koliform baktériumok esetén 24 órás inkubálás után kapjuk meg 100 ml mintára vonatkoztatva.

A mikrobiológiai gyorstesztek előnye, hogy nem igényelnek mikrobiológiai laboratóriumi hátteret. A tesztek 2 táptalajt tartalmaznak, a mintavétel a tesztek folyadékba merítésével vagy szilárd felszínhez nyomva történik [8].

E tanulmányunkban az általunk használt Hygiene Monitor gyorstesztek alkalmazhatóságát vizsgáltuk szürkevizek mikrobiológiai minőségének meghatározására. Továbbá célunk volt a mikrobiális terheltség és az oldott szerves anyag tartalom közötti összefüggések vizsgálata az egyes szürkevíz források esetén, illetve a 48 órás tárolás ideje alatt.

2. Anyag és módszer

A szürkevíz mintákat Debrecen különböző háztartásaiból gyűjtöttük, fürdésből, mosásból és mosogatásból.

Mértük az általános fizikai-kémiai paramétereket, mint hőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség, (Multiline P4 mérőbőrönd, WTW GmbH, Germany), a zavarosságot (Turb 555-IR, WTW GmbH, Germany), illetve az oldott szerves széntartalmat (Shimadzu TOC-V_{CPN}, Shimadzu Corporation, Japan).

A mikrobiológiai terheltséget Hygiene Monitor (Transia GmbH, Germany) gyorstesztekkel határoztuk meg. Két kombinált gyorstesztet alkalmaztunk, melyekkel az összelepszámot, az összes koliform, illetve *E. coli* telepek mennyiségét adtuk meg. Az egyes teszteknél az inkubációs idő 24 és 72 óra, az inkubációs hőmérséklet mindkét vizsgálat során 37 °C volt.

A tárolás során végbemenő változások vizsgálatához 10 fürdővíz és 10 mosóvíz mintából készítettünk 2-2 l elegyet, melyeket 20 °C-on, sötét helyen tároltunk. 12 óránként vizsgáltuk a tárolás hatására bekövetkező változásokat a fizikai-kémiai és a mikrobiológiai paramétereken.

3. Eredmények és értékelésük

Az **1. táblázat**ban bemutatott eredmények alapján elmondhatjuk, hogy mind az össztelepszám, mind a koliform baktériumok száma a mosóvíz mintákban volt a legmagasabb, 5,3 és 4,1 lgCFU/ml. Az *E. coli* mennyisége viszont a fürdővizekben volt kiemelkedő, 0,8 lgCFU/ml.

Megfigyelhető, hogy a csapvíz minták is tartalmaztak kis mennyiségben mikroorganizmusokat, össztelepszámuk 2,3 lgCFU/ml volt.

A szürkevizek átlagos össztelepszáma 4,8 lgCFU/ml volt.

1. táblázat. *Szürkevíz és csapvíz minták mikrobiológiai eredményei (lgCFU/ml)*

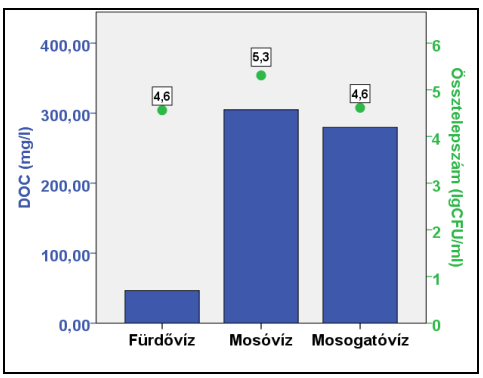
Típus		Össztelep-szám	Koliform	*E.coli*
Csapvíz (n=12)	Átlag	2,3	0,3	0,0
	Szórás	1,1	0,8	0,0
Fürdővíz (n=16)	Átlag	4,6	3,3	0,8
	Szórás	0,7	1,2	1,2
Mosóvíz (n=14)	Átlag	5,3	4,1	0,4
	Szórás	1,0	1,4	0,9
Mosogatóvíz (n=13)	Átlag	4,6	3,2	0,2
	Szórás	1,2	1,7	0,6
Szürkevíz-átlag (n=43)	Átlag	4,8	3,5	0,4
	Szórás	1,0	1,5	1,0

A **2. táblázat**ban bemutatott adatok alapján megfigyelhető, hogy a mosóvizek átlagos pH-ja volt a legmagasabb (8,3), míg a fürdő- és mosogatóvizeké közel azonos. Az átlagos zavarosság értékek között nagy különbségeket tapasztaltunk, míg a fürdővizekben 24,8 NTU, a mosó- és mosogatóvizekben ennek többszöröse, 181,2 és 332,6 NTU volt. A vezetőképesség szintén a mosóvizek esetén volt a legmagasabb, ezzel szemben a fürdővizekben a csapvízhez közeli értéket mértünk.

2. táblázat. *Szürkevíz minták fizikai jellemzői*

Típus	pH	Zavarosság (NTU)	Vez. kép. (µS/cm)
Csapvíz	7,4	0,3	537,1
Fürdővíz	7,5	24,8	565,5
Mosóvíz	8,3	181,2	1836,2
Mosogatóvíz	7,6	332,6	1348,8
Szürkevíz-átlag	7,7	141,7	1064,7

A mosó- illetve mosogatóvíz mintákban mértük a legmagasabb szerves anyag tartalmat, DOC értékük 301 és 305 mg/l. Ezen szürkevíz típusokban magas össztelepszám volt kimutatható, 5,3 és 4,6 lgCFU/ml (**1. ábra**).

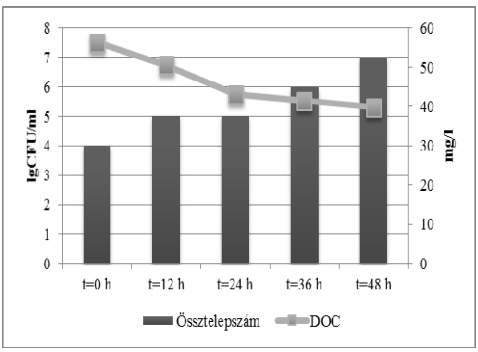


1. ábra. *Szürkevíz típusok össztelepszáma és DOC értéke*

Ugyanez azonban nem mondható el a fürdővizekről, melyek össztelepszáma szintén 4,6 lgCFU/ml, azonban oldott szerves széntartalma jóval alacsonyabb, 50 mg/l körül volt. Az alacsony szerves anyag tartalom tehát nem feltétlenül jelenti azt, hogy alacsony a mikrobiális terheltsége a vizsgált mintának.

A 48 órás tárolás ideje alatt megfigyeltük, hogy a pH mindkét szürkevíz esetén csökkent, mosóvízben 9,0-ről 8,0-ra, fürdővíz esetén pedig 7,7-ről 7,3-ra. A DOC értékében 30% csökkenést tapasztaltunk mindkét szürkevízben, míg a zavarosság kismértékben növekedett a mintákban.

A **2. ábrán** a fürdővíz minta össztelepszámának és DOC tartalmának változása látható. A fürdővíz össztelepszáma 12 óránként közel egy nagyságrenddel nőtt, 4 lgCFU/ml-ről 7 lgCFU/ml-re. A mikrobák számának növekedése az oldott szerves széntartalom csökkenését okozta.



2. ábra. *Össztelepszám és DOC változása a tárolás alatt fürdővíz esetén*

4. Következtetések

A mikrobiológiai gyorstesztekkel végzett vizsgálatok tapasztalatai alapján megállapítható, hogy az általunk használt tesztek könnyen használhatóak és alkalmasak mikrobiális szennyezettség kimutatására. A tesztek eredményei alapján nagyságrendileg értékelhető az egyes forrásokból származó szürkevíz minták terheltsége. Az előbb említett előnyök mellett azonban tisztában kell lennünk azzal, hogy ezen tesztek eredményeinek a megbízhatósága korlátozott és mindenképpen szükséges a mikrobák hagyományos táptalajon való tenyésztése is.

Köszönetnyilvánítás

Az analitikai vizsgálatok elvégzését a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] do Couto, E.A., Calijuri, M.L., Assemany, P.P., Santiago, A.F., Carvalho, I.C.: *Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment*, Resources, Conservation and Recycling, 2013, 77, 44-51.

[2] O'Toole, J., Sinclair, M., Malawaraarachchi, M., Hamilton, A., Barker, S.F., Leder, K.: *Microbial quality assessment of household greywater*, Water Research, 2012, 46, 4301-4313.

[3] Boros, N., Petranyi, A., Kocsis, D., Bodnár, I.: *Characterization of greywater sources on the base of organic content and microbial quality,* International Review of Applied Sciences and Engineering, 2014, 35-40.

[4] Cogan, T. A., Bloomfield, S. F., Humphrey, T. J.: *The effectiveness of hygiene procedures for prevention of cross-contamination from chicken carcasses in the domestic kitchen*, Letters in Applied Microbiology, 1999, 29, 354-358.

[5] Maimon, A., Friedler, E., Gross, A.: *Parameters affecting greywater quality and its safety for reuse*, Science of Total Environment, 2014, 487, 20-25.

[6] Deák, T.: *Élelmiszer-mikrobiológia*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2009.

[7] MSZ EN ISO 9308-1:2001

[8] TRANSIA GmbH Germany: *Hygiene Monitor für die mikrobiologische Hygieneuntersuchung*, Dieselstraße 9A - 61239 Ober-Mörlen.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 263–266. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.58
http://hdl.handle.net/10598/28632

HIBAFA ÉRZÉKENYSÉGELEMZÉSE

SENSITIVITY ANALYSIS OF FAULT TREE

Pokorádi László

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Kar,
Magyarország 1081 Budapest Népszínház u. 8.
+3630 9194929, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The paper shows an easy-useable, modular approach fault tree sensitivity investigation method uses matrix-algebraic method based upon the diagnostic modeling of airframe systems and gas turbine engines. The main aim of this study is to shows the adaptation of linear mathematical diagnostic modeling methodology for setting-up of LFTSM and its possibility of use to investigate Fault Tree sensitivity by a short demonstrative example.

Keywords: *fault tree analysis, sensitivity analysis, LFTSM.*

Összefoglalás

A cikk egy könnyen algoritmizálható, moduláris megközelítésű, hibafa érzékenység elemzési módszert mutat be, mely repülőgép rendszerek és gázturbinás hajtóművek diagnosztikai modellezési eljárásain alapszik. A tanulmány fő célja a lineáris matematikai diagnosztikai modellezési módszerek alkalmazásával a Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell (LFTSM) módszertanának kidolgozása és egy rövid példán keresztül alkalmazási lehetőségének szemléltetése.

Kulcsszavak: *hibafa elemzés, érzékenység vizsgálat, LFTSM.*

1. Bevezetés

A hibafa-elemzés során egy valós vagy feltételezett rendszerhibából, az úgynevezett főeseményből indulunk ki, és fokozatosan derítjük fel azokat a részrendszer alkotóelem meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek vagy vezethetnek [4]. Az elemző munkát fastruktúrájú gráf megjelenítés segíti, amit különböző, például megbízhatósági számításokkal is ki lehet egészíteni.

A hibafa-elemzés érzékenyvizsgálatának célja annak meghatározása, hogy az adott hibafa elemi események bekövetkezési valószínűségeinek változásaira milyen mértékben reagálnak – mennyire érzékenyek – a hozzá kapcsolódó közbülső események és a főesemény bekövetkezési valószínűségei.

Csiba elemzései során a csúcseseménye bekövetkezési valószínűséget leíró függvény elemi események bekövetkezési valószínűségei szerinti parciális differenciál hányadosait képezte az érzékenységi együtthatók meghatározásához [1]. Ezen eljárás hátránya az, hogy egy nagyméretű, összetett hibafa esetén viszonylag nagy a hibázás lehetősége.

Pokorádi [2] könyvében vizsgálta a technikai rendszerek lineáris érzékenységi modelljeinek felállítási és alkalmazhatósági lehetőségeit. A Szerző a repülőgép sárkány rendszereinek lineáris diagnosztikai eljárásait alkalmazta a hibafa-elemzés relatív

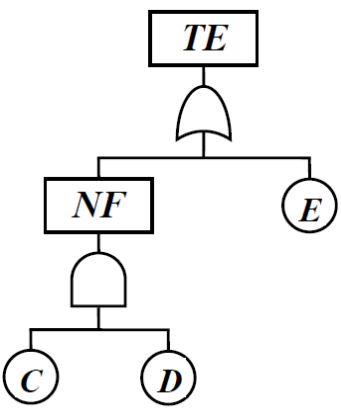
érzékenységvizsgálatára, valamint a Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell (LFTSM – Linear Fault Tree Sensitivity Model) módszerét dolgozta ki [3].

Jelen tanulmány a hibafa-elemzés érzékenységvizsgálatának moduláris megközelítésű, mátrixalgebrai módszerét mutatja be, terjedelmi okok miatt egy nagyon egyszerű példán keresztül, a Szerző által kidolgozott LFTSM alkalmazásával.

A tanulmány az alábbi részekből áll: A 2. fejezet a Hibafa-elemzést mutatja be röviden. A 3. fejezet az érzékenységelemzés Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell módszerét írja le. Végül a Szerző összegzi a kutatómunkája során szerzett tapasztalatokat és megfogalmazza jövőbeli célkitűzéseit.

2. A Hibafa elemzés

A hibafa-elemzés során egy feltételezett rendszerhibából, az úgynevezett főeseményből (Top Event) indulunk ki, és fokozatosan derítjük fel azokat a részrendszer és alkotóelem meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek.



1. ábra. *Hibafa (mintapélda)*

Szemléltetésképpen egy rendkívül egyszerű, dolgozatíráshoz kapcsolódó, példát mutatunk be, melyet az **1. ábra**, illetve az **1. táblázat** szemléltet.

1. táblázat. *A hibafa eseményei és a kiinduló adatok*

	Leírás	P_i	Megjegyzés
TE	„A válasz nincs leírva a lapra”	–	főesemény
NF	„Nem fog a toll és a ceruza”	–	közbülső esemény
C	Nem fog a toll	0.2	alap esemény
D	Nem fog a ceruza	0.4	alap esemény
E	Nincs hely a papíron	0.05	alap esemény

Egy nem elemi (közbülső-, és fő-) esemény bekövetkezési valószínűsége meghatározható az azt kiváltó események – melyek lehetnek elemi vagy alacsonyabb szintű közbülső események – bekövetkezési valószínűségeinek, illetve a kapcsolatot leíró logikai kapu ismeretében, azaz:

ÉS kapu esetén:

$$P = \prod_{i=1}^{k} P_i \qquad (1)$$
$$P_{NF} = P_C P_D = 0{,}2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$$

VAGY kapu esetén:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^{k} \left(1 - P_i\right) \qquad (2)$$
$$P_{TE} = 1 - \left(1 - P_{NF}\right)\left(1 - P_E\right) = 0.126$$

ahol: $P_i \in [0,1] \subset \Re \ \forall i \in \{1,2,...,k\}$ az i-edik kiváltó esemény bekövetkezési valószínűsége; $k \in \aleph$ a kiváltó események száma.

3. Érzékenységelemzés

Egy $y = f(x_1, x_2, ..., x_k)$ $f : \Re^k \to \Re$ általános függvény x_i független változó szerinti érzékenységi együtthatója a

$$K_{x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i}\frac{x_i}{y} \qquad (3)$$

parciális differenciálegyenlettel határozható meg. Az összes független változó szerinti érzékenységi együtthatók felhasználásával az alábbi lineáris egyenletet kapjuk:

$$\delta y = K_{y;x_1}\delta x_{y;x_2} + \ldots + K_{y;x_k}\delta x_k \quad , \qquad (4)$$

amely a vizsgált rendszer paramétereinek relatív változásai közti kapcsolatot – azaz a kimenő jellemző relatív érzékenységét – írja le [1].

A hibafa elemzéseknél alkalmazott logikai kapuk érzékenységi együtthatóit az alábbiak szerint határozhatjuk meg:

ÉS kapu esetén:

$$\begin{aligned} &K_i = 1 \quad \forall i \in \{1,2,...,k\} \\ &K_C = K_D = 1 \end{aligned} \quad ; \qquad (5)$$

VAGY kapu esetén:

$$\begin{aligned} K_j &= \frac{P_j}{P}\prod_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{k}\left(1-P_i\right) \\ K_{NF} &= \frac{P_{NF}}{P}\left(1-P_E\right) \quad . \\ K_E &= \frac{P_E}{P}\left(1-P_{NF}\right) \end{aligned} \qquad (6)$$

Következő lépésként különválasztjuk a vizsgált hibafa eseményeit az elemi és nem-elemi eseményekre, mivel az utóbbiak mindegyike valamelyik logikai kapu kimenő (függő) változója. Az elemi és nem-elemi események bekövetkezési valószínűségeit az $\mathbf{x} \in \Re^{m\times 1}$:

$$\mathbf{x}^T = \begin{bmatrix} P_C & P_D & P_E \end{bmatrix} \; ; \qquad (7)$$

illetve $\mathbf{y} \in \Re^{n\times 1}$ vektorokba rendezzük:

$$\mathbf{y}^T = \begin{bmatrix} P_{TE} & P_{NF} \end{bmatrix} \; . \qquad (8)$$

Ekkor a bekövetkezési valószínűségek relatív változásai közti kapcsolatokat az

$$\mathbf{A}\delta\mathbf{y} = \mathbf{B}\delta\mathbf{x} \quad , \qquad (9)$$

illetve

$$\delta\mathbf{y} = \mathbf{D}\delta\mathbf{x} \qquad (10)$$

mátrixegyenletekkel tudjuk leírni, ahol: $\mathbf{A} \in \Re^{n\times n}$ nem elemi események:

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1 & -K_{NF} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.6032 \\ 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix} \end{aligned} \qquad (11)$$

$\mathbf{B} \in \Re^{n\times m}$ elemi események:

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & K_E \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.3651 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix} \end{aligned} \qquad (12)$$

együttható mátrixa; $\mathbf{D}$ a hibafa-elemzés relatív érzékenységi mátrixa:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0.6032 & 0.6032 & 0.3651 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix} \; ; \qquad (13)$$

$n \in \aleph$ a nem elemi események; $m \in \aleph$ az elemi események száma.

Matematikailag megfogalmazva, az érzékenység vektor elemei megmutatják, hogy az elemi események bekövetkezési valószínűségeinek értékcsökkenése vagy növekedése a főesemény bekövetkezési valószínűségének milyen mértékű csökkenését, illetve növekedését okozzák. Másképpen fogalmazva: mely elemi esemény bekövetkezési valószínűségének változása bír a legnagyobb hatással a főesemény bekövetkezési valószínűségére.

Mérnöki szempontból ez azt mutatja meg, mely elemi eseményt létrehozó rendszerelem megbízhatóságának növelésével tudjuk a legnagyobb, illetve legkisebb mér-

tékben javítani a teljes rendszer megbízhatóságát.

Jelen – lásd (13) egyenlet – mátrixból az alábbi következtetések vonhatók le:

- a toll, illetve a ceruza használhatósága a két legkritikusabb kérdés a vizsgált esetben – tehát célszerű megfelelő íróeszközökkel indulni, ha dolgozat fogunk írni aznap az iskolában;
- a toll és a ceruza használhatósága nincs hatással, arra, hogy van-e elegendő hely a dolgozatpapíron;
- a dolgozatpapír helyes beosztása nincs hatással az íróeszközök használhatóságára;
- kisebb hatással van a dolgozatpapír rossz beosztása arra, hogy fel tudjuk-e írni a számítási eredményt – de!, azért figyeljünk oda, hogy minden feladat megoldására jusson elegendő hely a dolgozatlapon!

4. Következtetések

A cikk egy egyszerű mintapéldán keresztül szemlélteti és igazolja egy új, könnyen algoritmizálható mátrixalgebrai eljárás használhatóságát a hibafák érzékenységi elemzéséhez.

A Szerző további tudományos kutatómunkája során olyan tanulmányok elkészítését tűzte ki célként, amelyek leírják a modell- és rendszerbizonytalanságokat, illetve rendszer érzékenységeket, értelmezik, vizsgálják és szemléltetik azok elemzési módszereit.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Csiba József: *Sensitivity Analysis of the Reliability Computed by Using the Failure Tree Method*, Proc. Of the 11th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, 2008. 749–760.

[2] Pokorádi László.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., 242.

[3] Pokorádi László: *Mátrixalgebrai hibafa-érzékenységelemzés*, Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet (2011) 1. szám, 103-110.

[4] Tráj Krisztina: *Kockázati ok meghatározó módszerek – Miért bukunk a vizsgán?*, TDK dolgozat, ÓE-BGK, Budapest. 2014. 31. (Konzulens: Pokorádi László).

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 267–270. *DOI: 10.33895/mtk-2015.03.59*
http://hdl.handle.net/10598/28633

CELLULÁRIS STRUKTÚRÁK TOPOLÓGIAI JELLEMZÉSE

ON THE TOPOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CELLULAR STRUCTURES

Réti Tamás[1], Réger Mihály[2], Nagyné Halász Erzsébet[3]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet 1086 Budapest, Népszínház utca 8. Telefon / Fax: +36-1-666-5386, levelezési cím, reti.tamas@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet 1086 Budapest, Népszínház utca 8. Telefon / Fax: +36-1-666-5386, levelezési cím, reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu*

[3]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet 1086 Budapest, Népszínház utca 8. Telefon / Fax: +36-1-666-5386, levelezési cím, nagyne.halasz@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

For the global structural characterization of cellular systems a novel method is suggested. The new approach is based on the following graph-theoretical concept. As it is known a two- or three-dimensional cellular system composed of polygons or polyhedra can be represented by a finite or an infinite graph. Considering the corresponding dual graph, an appropriately defined topological descriptor is constructed, which can be applicable for the quantitative structural characterization of various cellular systems. Tests performed on the graphs of fullerene isomers demonstate that the novel topological descriptor is efficiently used for the preselection of most stable fullerene isomers.

Keywords*: cellular systems, infinite graph fullerene isomer.*

Összefoglalás

A celluláris anyagok strukturális jellemzésére egy új típusú eljárást ismertetünk. A módszer egy gráfelméleti koncepción alapul: Mint ismertes, a poligonokból illetve poliéderekből álló 2-illetve 3-dimenzós celluláris rendszer egy véges vagy végtelen gráffal reprezentálható. Ennek duális gráfját képezve, egy célszerűen definiált topológiai deszkriptor konstruálható, amely alkalmas különféle celluláris rendszerek kvantitatív strukturális jellemzésére. Fullerén izomerek gráfjai felhasználásával végzett tesztekkel demonstráltuk, hogy a javasolt új topológiai deszkriptor hatékonyan alkalmazható a leginkább stabilnak tekinthető izomerek kiválasztására.

Kulcsszavak: *celluláris anyagok, végtelen gráf, fullerén izomer.*

1. Bevezetés

A celluláris rendszereket, más néven sejtrendszereket elterjedten használják számos anyag mikroszerkezeti modellezésére, ezek közé sorolható a polikristályos ötvözetek, a fémhabok, egyes nonoszerkezetek, fullerének. Geometriai szempontból a 2- és 3-dimenziós sejtrendszereket poligonok illetve poliéderek alkotják [1,2,3]. Ezek kvantitatív morfológiai jellemzése, osztályozása napjainkban is változatlanul a kutatás homlokterében van. A következőkben olyan új típusú globális topológiai alaktényezőt definiálunk, amely egyszerű módon, közvetlenül származtatható a celluláris rendszer gráfjának, illetve ez utóbbi duális gráfjának ismeretében.

A celluláris anyagok vizsgálatára különféle geometriai modellek használatosak, ezek legismertebb és legfontosabb változatai a következők [1,2,3]:

- Véges számú különböző típusú, térkitöltő poliéderből konstruált 3-dimenziós periódikus sejtrendszerek [1], ezekre tipikus példa az egyfázisú polikristályos ötvözetek mikroszerkezete,
- Azon 2- és 3-dimenziós random sejtrendszerek, amelyek származtatásához alapul többnyire a sík illetve a tér Voronoi-tesszellációja vagy ennek valamilyen általánosított változata szolgál,
- Véges számú különböző típusú, poligonokból illetve térkitöltő poliéderből, konstruált 2- illetve 3-dimenziós kvázi-periódikus sejtrendszerek [3].

Véges kiterjedésű zárt felületet (gömb, tórusz) hézagmentesen lefedő, véges számú különböző típusú poligon alkotta sejtrendszerek (ilyenek például a fullerének [4]).

2. Új típusú globális topológiai deszkriptor származtatási elve

A celluláris rendszer strukturális jellemzésére javasolt Ψ globális topológiai deszkriptor származtatása az alább részletezett koncepción alapul: Tekintsük a sejtrendszer egy tetszőleges A sejtjét, amelyet kétdimenziós rendszerben egy poligon, 3-dimenziósrendszerben egy poliéder reprezentál. Az egyszerűség kedvéért, tételezzük fel, hogy a sejtek konvex poligonok illetve konvex poliéderek.

Jelölje $C_2(A)$ az A poligonsejt élszomszédos környezetét, vagyis azon poligonok halmazát, amelyeknek az A sejttel közös éle van, illetve jelölje $C_3(A)$ az A polidédersejt lapszomszédos környezetét, vagyis azon poliéderek halmazát, amelyeknek az A sejttel közös lapja van. A Ψ topológiai deszkriptor definiálásához az élszomszédos illetve a lapszomszédos sejtek geometriai paraméterei, nevezetesen a szomszédos sejtek élszámai illetve lapszámai szolgálnak kiindulási alapul.

Amennyiben a sejtrendszert az $\{A_1, A_2, \ldots A_i, \ldots A_N\}$ sejtek N elemű halmaza alkotja, akkor minden egyes 2- illetve 3-dimenziós A_i sejthez, hozzárendelhető egy $U(A_i)$ vektor, amely a szomszédos sejtek él- illetve lapszám szerinti eloszlását egyértelműen jellemzi. A Ψ globális topológiai deszkriptort az $U(A_i)$ vektor-komponensek alkalmasan definiált függvényeként származtatjuk.

Tekintve, hogy egy tetszőleges A sejt $C_2(A)$ illetve $C_3(A)$ környezetében a szomszédos sejtek sokféle konfigurációban fordulhatnak elő, ezért várható, hogy a különféle sejtrendszerek egymástól eltérő struktúrája kielégítő módon jellemezhető az él- illetve lapszomszédos sejtek lehetséges kombinációinak ismeretében.

Példaként tekintsük a fullerén típusú sejtrendszereket [4]. A fullerének karbon bázisú molekulák, olyan speciális sejtrend-

szereknek tekinthetők, amelyek geometriai szempontból ötszögek és hatszögek által határolt egyszerű (trivalens) poliéderekkel modellezhetők. Következésképpen a sejtek 5- illetve 6-szögek, és a poliéder minden egyes csúcsában pontosan 3 él találkozik. Egy n csúcsszámú C_n fullerénnek, (ahol $n \geq 20$, és $n \neq 22$) pontosan $F_5 = 12$ számú ötszöglapja és $F_6 = (n/2)-10$ számú hatszöglapja van. Azonos csúcsszámú fullerénnek több, szerkezetileg különböző izomerje létezhet, az izomerek száma drasztikusan növekszik a csúcsszám növekedésével. Amennyiben $n = 60$, a C_{60} típusú fullerén izomereinek száma *1812*, ezek mindegyikét egymástól különböző, nem-izomorf gráfok reprezentálják. A globális topológiai deszkriptor (Ψ) definiálásához illetve számításához célszerű az izomerek gráfjainak duálisát használni. A duális gráfok háromszögek alkotta síkbeli gráfok, közös jellemzőjük, hogy egy duális gráfban a csúcsok fokszáma 5 illetve 6. Jelölje egy C_n fullerén-gráf duális gráfját $C_{dual}(n)$, ez esetben a $C_{dual}(n)$ duális gráf pontosan 12 darab ötödfokú csúcsot és $n/2-10$ darab hatodfokú csúcsot tartalmaz. A fullerén izomerek strukturális jellemzésére hivatott Ψ deszkriptort a különböző élszomszédos környezetek figyelembe vételével, az alábbi képlettel definiáltuk:

$$\Psi = \Psi(C_n) = \sum_{j=0}^{5} n_{5,j} D_{5,j}^2 + \sum_{j70}^{6} n_{6,j} D_{6,j}^2 \quad (1)$$

A fenti formulában $n_{5,j}$ és $n_{6,j}$ az élszomszédos $C(5,j)$ illetve $C(6,j)$ poligonkonfigurációk száma, D_{kj} pozitív egész számok pedig az ún. konfigurációs paraméterek. A $D_{k,j}$ paraméterek aktuális értéke megegyezik az adott k-oldalszámú sejttel élszomszédos poligonok (5- illetve 6-szögek) oldalszámaink összegével. Ez utóbbiak definíció szerint az alábbi formulákkal számíthatók: $D_{5,j} = 30-j$, illetve $D_{6,j} = 30+j$ (lásd az 1. táblázat adatait).

1. táblázat. *Élszomszédos konfigurációs jellemzők fullerénekben*

Élszomszédos konfigurációk paraméterei				
k	j	C(k,j)	$D_{k,j}$	$n_{k,j}$
5	0	0 x 5 + 5 x 6	$D_{5,0} = 30$	$n_{5,0}$
	1	1 x 5 + 4 x 6	$D_{5,1} = 29$	$n_{5,1}$
	2	2 x 5 + 3 x 6	$D_{5,2} = 28$	$n_{5,2}$
	3	3 x 5 + 2 x 6	$D_{5,3} = 27$	$n_{5,3}$
	4	4 x 5 + 1 x 6	$D_{5,4} = 26$	$n_{5,4}$
	5	5 x 5 + 0 x 6	$D_{5,5} = 30$	$n_{5,5}$
6	0	0 x 6 + 6 x 5	$D_{6,0} = 30$	$n_{6,0}$
	1	1 x 6 + 5 x 5	$D_{6,1} = 31$	$n_{6,1}$
	2	2 x 6 + 4 x 5	$D_{6,2} = 32$	$n_{6,2}$
	3	3 x 6 + 3 x 5	$D_{6,3} = 33$	$n_{6,3}$
	4	4 x 6 + 2 x 5	$D_{6,4} = 34$	$n_{6,4}$
	5	5 x 6 + 1 x 5	$D_{6,5} = 35$	$n_{6,5}$
	6	6 x 6 + 0 x 5	$D_{6,6} = 36$	$n_{6,6}$

A fenti meggondolásokból adódik, hogy C_n fullerénre érvényes az

$$F_5=n_{5,0}+n_{5,1}+n_{5,2}+n_{5,3}+n_{5,4}+n_{5,5}=12,$$

illetve az

$$F_6 = n_{6,0} + n_{6,1} + n_{6,2} + n_{6,3} + n_{6,4} + n_{6,5} + n_{6,6} = k/2-10$$

egyenlőség.

Amint az **1. táblázat** adataiból kitűnik, az 5 és 6 szögek élszomszédos környezeteit reprezentáló $C(k,j)$ sejtkonfigurációk száma éppen 13. Ezekhez pontosan 12 különböző $D_{k,j}$ paraméterérték tartozik. Ésszerű az feltételezés, hogy az ily módon definiált Ψ globális deszkriptor nagy valószínűséggel erősen szelektív, azaz jelentős mérvű diszkriminációs képességgel rendelkezik.

3. Alkalmazási példa: fullerén típusú sejtrendszerek topológiai jellemzése

Az előzőkben definiált Ψ globális topológiai deszkriptor gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek tesztelésére C_{36} fullerén-izomerekre vonatkozóan végeztünk előzetes vizsgálatokat. Elemeztük az egyes izomerek stabilitását minősítő En energetikai paraméter valamint a Ψ deszkriptor közötti kapcso-

latot. Az *En (eV)* energetikai paraméter számítása a Density Functional Tight-Binding (DFTB) módszerrel történt [5]. Mint ismeretes, minél kisebb az En energetikai paraméter értéke annál stabilabbnak tekintendő a hozzá tartozó izomer.

Pontosan 15 izomerje létezik a C_{36} típusú fulleréneknek. Közülük az energetikai számítások szerint a legstabilabb a C36:14 izomer, ezt követik sorrendben a C36:15, C36:12, C36:9 majd a C36:11 izomerek. A legkevésbé stabilnak a C36:2 izomer tekinthető. Ezen izomerekre vonatkozóan a globális deszkriptor számított értékei a következők voltak:

$$\Psi(C36{:}14) = 17348,$$
$$\Psi(C36{:}15) = 17352,$$
$$\Psi(C36{:}12) = 17364,$$
$$\Psi(C36{:}9) = 17364,$$
$$\Psi(C36{:}11) = 17368,$$

illetve

$$\Psi(C36{:}2) = 17468.$$

Mint megállapítható, a Ψ globális deszkriptor és az En energetikai jellemző között szoros korrelációs kapcsolat áll fenn: nevezetesen minél kisebb En értéke (azaz minél stabilabb egy fullerén-izomer) annál kisebb a Ψ deszkriptor értéke. Ebből arra következtethetünk, hogy a Ψ deszkriptor eredményesen alkalmazható a fullerén-izomerek strukturális jellemzésére, valamint stabilitásuk predikciójára.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Williams, R.: *The Geometrical Foundation of Natural Structure: A Source of Book of Design*, New York, Dove, 1979.

[2] Reti, T., Böröczky, K.J.: *Topological Characterization of Cellular Structures*, Acta Polytechnica Hungarica, 1 (2004) p. 59-85.

[3] Böröczky, K.J., Réti, T., Wintsche, G.: *On the combinatorial characterization of quasi-chrystals*, Journal of Geometry and Physics, 57 (2006) 39-52.

[4] Fowler, P.W., Manolopoulos, D.E.: *An Atlas of Fullerenes*, Calendron Press, Oxford, 1995.

[5] Porezag, D., et al., *Construction of tight-binding-like potentials on the basis of density-functional theory: Application to carbon*, Phys. Rev. B51, (1995) 12947-12957.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 271–274. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.60
http://hdl.handle.net/10598/28634

KALIBRÁCIÓS MÓDSZER SZEMCSÉS HALMAZOK MIKROMECHANIKAI JELLEMZŐINEK MEGHATÁROZÁSÁHOZ

CALIBRATION METHOD FOR DETERMINING MICROMECHANICAL PARAMETERS OF GRANULAR MATERIALS

Safranyik Ferenc[1], M. Csizmadia Béla[2]

[1]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszék, 2100, Gödöllő, Páter Károly út 1, Telefon: 00362852200-1426, safranyik.ferenc@hallgato.szie*

[2]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszék, 2100, Gödöllő, Páter Károly út 1, Telefon: 00362852200-1423, csizmadia.bela@gek.szie.hu*

Abstract

The practical usefulness of Discrete Element Method for modeling granular materials nowdays is very restricted. The problem is the determination of micromechanical parameters, so the calibration of the discrete model. Nowdays the calibrations is made by repeated attempts, for this reason it takes a long time, and highly difficult. For make easier the calibration the purpose of our work is a development of a calibration algorithm for Discrete element Method.

Keywords: *granular materials, discrete element method, calibration, Yade.*

Összefoglalás

A szemcsés halmazok leírására használt diszkrét elemes módszer gyakorlati alkalmazása jelenleg erősen korlátozott a számos, csak közvetve vagy sok esetben egyáltalán nem mérhető modellparaméter nehézkes meghatározása miatt. A paraméterek kalibrálását a legtöbb esetben próbálgatással végzik, emiatt a modell hitelesítése igen bonyolult és sok időt vesz igénybe, ezért célunk egy olyan algoritmus fejlesztése, amellyel a kalibráció egyszerűsíthető és gyorsítható.

Kulcsszavak: *szemcsés halmazok, diszkrét elemes módszer, kalibráció, Yade.*

1. Bevezetés

A szemcsés anyaghalmazok leírására napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazzák az ún. diszkrét elemes módszert, amelyet a szemcsehalmazokkal kapcsolatos problémák numerikus vizsgálatára Cundall és Strack fejlesztett ki az 1970-es években [3]. Az ilyen diszkrét modell használata esetén a halmazt idealizált szemcsék (diszkrét elemek) együtteseként vizsgáljuk és ezek viselkedését, a rájuk vonatkozó kinetikai alaptételek alapján egy szimulációs ciklussal modellezzük [1]. A modellezés eredménye főként a diszkrét elemek közötti kölcsönhatások mechanikai paramétereitől, azaz az adott halmazra jellemző mikromechanikai paraméterektől (pl.: a

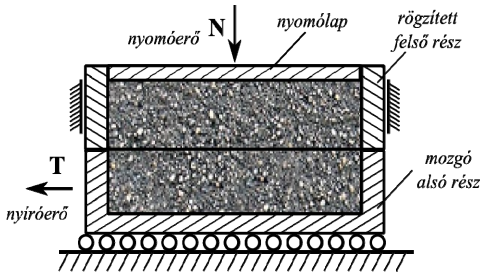
szemcsék sűrűségétől, rugalmassági modulusától, Poisson-tényezőjétől, stb.) függ [1]. A módszer használatát a számos mikromechanikai paraméter meghatározása (a modell kalibrációja) nagymértékben megnehezíti, mivel, azok méréssel sok esetben csak közvetett módon, vagy egyáltalán nem határozhatóak meg [2]. Szintén nehézséget okoz, hogy a szemcsék kölcsönhatásait leíró matematikai modellekben szereplő állandók, sok esetben csupán közelítik a valódi mikromechanikai jellemzőket [3]. Emiatt előfordulhat, hogy egy anyagra meghatározott, valamely jelenséget jól leíró paraméter együttes, ugyanezen anyagra vonatkozó másik probléma modellezésekor nem vezet jó eredményre.

Jelenleg nem létezik megfelelő hitelesítési eljárás, a legtöbb esetben próbálgatással határozzák meg a megfelelő mikromechanikai paramétereket, ezért a diszkrét elemes módszer gyakorlati alkalmazása egyelőre erősen korlátozott. Emiatt munkánk célja egy olyan kalibrációs eljárás fejlesztése, amellyel a megfelelő paraméterek meghatározása meggyorsítható és automatizálható.

2. Nyíróvizsgálat

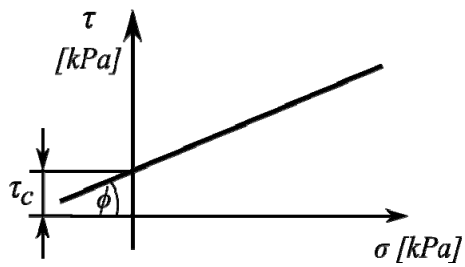
Diszkrét modell használata esetén a teljes szemcsés halmaz (makro) viselkedését az egyes elemekre jellemző (mikro) paraméterek segítségével szimuláljuk [3]. Emiatt a mikromechanikai paraméterek hitelesítéséhez az adott halmazra jellemző tönkremeneteli határgörbét használjuk fel [5].

Ennek egyik meghatározási módszere a nyíróvizsgálat, amely során a halmazból vett mintát egy osztott kivitelű dobozba helyezzük és normál irányú, állandó terheléssel összenyomjuk (**1. ábra**). Az osztott kivitelű nyíródoboz felső része rögzített, alsó része pedig vízszintesen elmozdítható. A mérés során a nyírócella alsó, elmozdítható része a benne lévő anyaggal együtt vízszintesen elmozdul miközben a nyírási síkban erőmérő cellával mérjük a minta elnyírásához szükséges erőt, illetve a mozgó rész elmozdulását, így megkapjuk a tönkremenetelt okozó nyíróerő értékét [4].



1. ábra: *Nyírókészülék [4]*

A nyíróvizsgálatot több normál terhelési értékkel elvégezve, majd a normál- és csúsztatófeszültségeket egy koordinátarendszerben ábrázolva megkapjuk az adott anyagra jellemző tönkremeneteli határgörbét (**2. ábra**) [4].



2. ábra: *Tönkremeneteli határgörbe [4]*

Az ideális ömlesztett anyagok tönkremeneteli határgörbéje origón átmenő egyenes, bizonyos szemcsés halmazok tönkremeneteli határgörbéje nemlineáris, és zérus normálfeszültség értékhez nem zérus csúsztatófeszültség tartozik, azonban a gyakorlatban, gyakran ilyen esetekben is lineáris közelítést használunk, mivel így is elegendően pontosan eredményt kapunk [4].

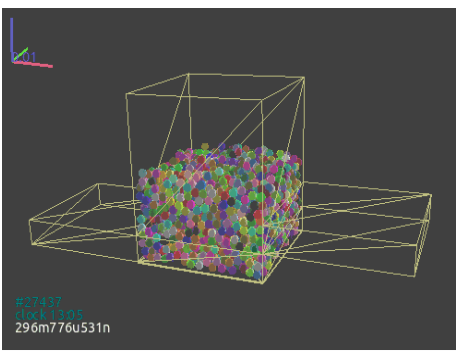
A tönkremeneteli határgörbe két, a teljes halmazra jellemző (makro) paraméterrel, a halmaz τ_c, látszólagos kohéziójával és a halmaz ϕ belső súrlódási szögével írható

le. Amennyiben a szimulációval kapott tönkremeneteli határgörbe megegyezik a méréssel meghatározottal, akkor a modellben beállított mikromechanikai paraméterek alkalmasak a halmaz viselkedésének leírására [2, 5].

3. A diszkrét elemes modell

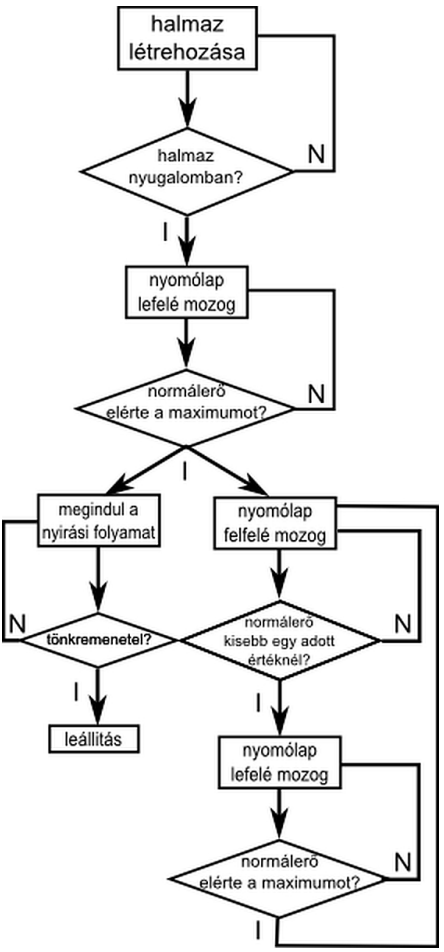
A kalibrációs módszer fejlesztéséhez egy nyílt forráskódú diszkrét elemes szoftvert, a Yade-t használtuk. A szoftver legfőbb előnye, – amellett, hogy ingyenesen használható – hogy a szimulációkat Python [7] nyelven írt programokkal irányíthatjuk [6]. Ez nagyfokú szabadságot eredményez, mivel tetszőleges geometria és tetszőleges (akár szabályozott) technológiai folyamatok modellezését is lehetővé teszi.

Az automatikus kalibráló algoritmus fejlesztéséhez elsőként a klasszikus Jenike-féle nyírókészülék [4] módosított (négyzet keresztmetszetű nyíródoboz) diszkrét elemes modelljét hoztuk létre (**3. ábra**).



3. ábra: *A nyíródoboz diszkrét elemes modellje*

A szimulációk során gömb alakú szemcséket, a kölcsönhatások leírására pedig a Hertz-Mindlin-féle kohéziós kapcsolati modellt alkalmaztuk [6]. A szoftver nyújtotta széleskörű felhasználói szabadság lehetővé tette, hogy a tényleges nyíróvizsgálat folyamatát (állandó normálterhelés melletti nyírást) modellezzük (**4. ábra**).



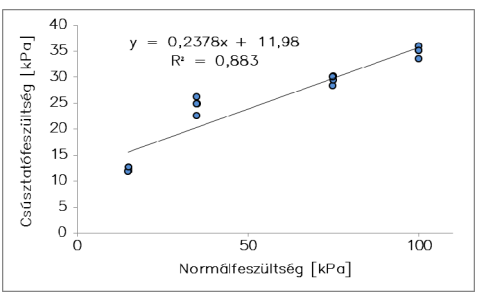
4. ábra: *A nyíróvizsgálat szimulációs modelljének felépítése*

A legtöbb diszkrét elemes modell a szemcsék kölcsönhatását rugókból és csillapításokból álló lengőrendszerként írja le [3, 5, 6], ezért minden esetben el kell érni a rezgések lecsillapodását, annak érdekében, hogy kvázi statikus állapotban lévő halmazt vizsgálhassunk. Esetünkben addig, míg a halmaz összes mozgási energiája közel zérus nem lesz, egyik test sem végez mozgást (**4. ábra**). Mikor a halmaz elérte a kvázi statikus állapotot, megindul a nyírási folyamat, miközben a nyomólap mozgását a normálterhelés függvényében szabályoz-

zuk, így biztosítva a nyírási folyamat alatt, az állandó nagyságú normálterhelést. Így a valósághoz teljesen hasonlóan modellezhető a nyíróvizsgálat, amelyre eddig nem volt lehetőség, mivel a legtöbb szoftverben az egyes elemek mozgása csak elmozdulásra szabályozható, a kölcsönhatásokra jellemző adatok (pl.: a keletkező erők) csakis a számítások elvégzése után nyerhetők ki, a szimulációkban közvetlenül nem használhatóak fel (4. ábra).

3.1. Kalibrációs algoritmus

A fent bemutatott szimulációt felhasználva létrehoztunk egy kalibrációs algoritmust, amely segítségével tetszőleges számú nyíróvizsgálatot végezhetünk el, külső beavatkozás nélkül. Az algoritmus tetszőleges számú, előre definiált normál terhelés értékkel szimulálja a nyíróvizsgálatot, és az egyes szimulációkkal kapott normál-, és csúsztatófeszültség értékeket elmenti, közös koordináta rendszerben ábrázolja. majd lineáris regressziót végez. Ez alapján megkapjuk az adott halmazra jellemző két legfontosabb paramétert, a látszólagos kohéziót és a belső súrlódási szöget. (**5. ábra**).



5. ábra: *Az algoritmus 16 nyíróvizsgálat szimulációjával kapott tönkremeneteli határgörbe*

Eddig ilyen automatizált módszer nem állt rendelkezésre, a tönkremeneteli határgörbe valamennyi pontjának kiszámításához egyesével kellett beállítanunk és futtatnunk a szimulációkat (amelyek számítási ideje akár több nap is lehet), majd kiértékelnünk őket.

4. Következtetések

Szimulációs algoritmusunk segítségével a mikromechanikai paraméterek bármilyen kombinációjával lehetőségünk nyílik – az eddigieknél sokkal gyorsabban és egyszerűbben – a halmaz makro jellemzőinek meghatározására. E révén a jelenleg használatos, „próbálgatásos” kalibrációs eljárás egyszerűsödik, az egyes mikromechanikai paraméterek makro jellemzőkre gyakorolt hatása nagyságrendekkel kevesebb idő alatt megállapítható.

További célunk az algoritmus továbbfejlesztése, az egyes paraméterek pontos hatásának, valamint mérések alapján ismert referencia adatok ismeretében teljesen automatikusan működő kalibráló algoritmus kidolgozása.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bagi K.: *A diszkrét elemek módszere*, BME Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék, 2007.

[2] Coetzee C.J., Els D.N.J.: *Calibration of discrete element parameters and the modelling of silo discharge and bucket filling*, Computers and electronics in agriculture, 65, 2009, 198–212. oldal

[3] Cundall P.A., Strack O.D.L.: *A discrete numerical model for granular assemblies*, Geotechnique, 29, 1979, 47-65. oldal

[4] Jenike A. W.: *Storage and Flow of solids*, Bulletin No. 123, Utah Engineering Experiment Station, University of Utah, Salt Lake City, 1964.

[5] Keppler I., Kocsis L., Oldal I., Farkas I., Csatár A.: *Grain velocity distribution in a mixed flow dryer,* Advanced Powder Technology, 23, 2012, 824-832. oldal

[6] Šmilauer V., Catalano E., Chareyre B., Dorofeenko S., Duriez J., Gladky A., Kozicki J., Modenese C., Scholtès L..: *Yade Documentation (V. Šmilauer, ed.)*, The Yade Project, 1st ed., 2010, http://yade-dem.org/doc/

[7] Swinnen G.: *Tanuljunk meg programozni Python nyelven*, 2005, http://learnpython.openproject.hu

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 275–278. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.61
http://hdl.handle.net/10598/28635

AZ INTERSZUBJEKTÍV TUDÁS HATÁSA AZ FMEA ELEMZÉSRE

THE INTERSUBJECTIVE KNOWLEDGE OF EFFECT FOR FMEA ANALYSIS

Szamosi Barna[1], Pokorádi László[2]

[1] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, műszaki tanár, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; +36 70 454 1851 szamosi.barna@bgk.uni-obuda.hu*

[2] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi tanár, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; +36 30 9194929 pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

The objectivity is essential in the technical life, as well as in the engineering sciences. However objectivity is impossible where the human factor and the human subject can not be ruled out entirely. Sometimes use of the term itself is misleading, in science of safety or quality management etc. too. The authors intend to draw attention on it through a specific example in the study.

Keywords: *objective, subjective; inter-subjective; risk analysis; FMEA.*

Összefoglalás

A műszaki életben, így a mérnöki tudományokban is az objektivitás alapvető követelmény. Azonban olyan határterületeken, mint például a biztonságtudomány, vagy a minőségügy, ahol az emberi tényező az emberi szubjektum nem zárható ki teljes mértékben az objektivitás megvalósíthatatlan, és időnként maga a fogalom használata is félrevezető. A tanulmányban a szerzők egy konkrét példán keresztül erre a jelenségre kívánják felhívni a figyelmet.

Kulcsszavak: *objektív, szubjektív, interszubjektív; kockázatelemzés; FMEA.*

1. Bevezető

A műszaki életben, így a mérnöki tudományokban is az objektivitás alapvető követelmény. Azonban olyan határterületeken, mint például a biztonságtudomány, vagy a minőségügy, a technikai rendszerekben az emberi tényező az emberi szubjektum nem zárható ki teljes mértékben. Ezeken a fenti területeken a teljes objektivitás megvalósíthatatlan, és időnként maga a fogalom használata is félrevezető lehet. Cikkünkben erre a jelenségre kívánjuk felhívni a figyelmet, egy olyan Hibamód és hatás elemzés (FMEA) alapján amelyet, különböző szakértői csoportok ugyanazon eszközre, egy hétköznapi golyóstollra készítettek el. A kísérlet eredményei alapján talán nem túlzó az a véleményünk mely szerint az objektív helyett érdemes lenne a műszaki élet bizonyos területein is bevezetni és alkalmazni az interszubjektív fogalmát [1].

2. Objektív, szubjektív, interszubjektív

A kísérlet leírása és eredményének rövid értékelése előtt tisztázzuk azt, mit is értünk

az objektív, a szubjektív és az interszubjektív fogalmakon.

2.1. Objektív

Az objektív szónak az online magyar értelmező szótárban több jelentése is található [2]:

- **Személyestől független** (hatás, jelenség, környezet), amely a tárgyi körülményekben rejlik, és a személy hatókörén kívül állónak tekintett körülményektől függ.
- **Tárgyilagos** (döntés, állásfoglalás, vélemény), amit személyi szempontok, érzelmek, vélemények nem befolyásolnak, pártatlan, részlehajlás, elfogultság nélküli.
- Filozófia: **A gondolkodástól függetlennek tekintett** (világ, történés, jelenség, helyzet állapot, dolog).

Az objektivitás közkeletű felfogása szerint a dolgokat úgy kell bemutatni, hogy abba semmi szubjektív ne keveredjen, vagyis úgy, ahogyan önmagukban, az őket vizsgáló szubjektumtól függetlenül vannak. Alapvetően tehát az objektív a személytől vagyis a szubjektumtól teljesen függetlennek tekinthető állapotot jelent. Az objektív mint jelző, tehát bizonyos vonatkoztatási rendszerekben, mint például a műszaki életben a technikai rendszerek leírására alkalmas fogalom.

2.2. Szubjektív

A szubjektív szónak, mint fogalomnak az előbb már hivatkozott online magyar értelmező szótár szerint három jelentése ismert [2]:

- *A **személyestől függő** (dolog), amely nem a tárgyi körülményekben rejlik, hanem rajtunk állónak tekintjük, tőlünk függő körülményekből ered.*
- *Saját **személyes érzéseket kifejező** (megnyilatkozás, hangulat, lelkiállapot, kifejezés, dolog), amelynek alapja a személy lelkiállapota, hangulata.*
- ***Nem tárgyilagos** (vélemény, döntés, cselekedet, dolog), amely elfogult, egyéni hozzáállást, véleményt, állásfoglalást tükröz.*

Alapvetően tehát a szubjektív fogalma teljesen ellentétes az objektív fogalmával.

2.3. Interszubjektív

Az objektivitás elve, egyes felfogások szerint, a tudományos megismerés alapelve. Ebből következően például az objektivitás mértéke (a szubjektivitásához viszonyítva) a művészi és a tudományos alkotás közötti fontos megkülönböztető jegynek számít. A tudományos megismerés alapkövetelménye, a „tiszta” objektivitás igénye lett. Alapja a „tiszta”, értéket és érzelmet tekintve semleges racionalitás, továbbá a szubjektivitás elnyomása, eliminálása, beleértve ebbe a szubjektivitásnak a megismerés folyamatára és eredményeire történő vélelmezett deformáló hatásának semlegesítését is, írja Farkasová [3]. Ez a természettudományokban, így a műszaki tudományokban is meglévő elvárás fokozatosan áthatotta a társadalomtudományokat is, így aztán jelen van az olyan interdiszciplináris tudományokban is, mint a biztonságtudomány.

Ha az objektív megismerés teljes mértékben lehetséges volna, nem is objektív, hanem mindjárt abszolút ismeretekhez jutnánk. Ezzel szemben még a legegyszerűbb dolgokról is csak korlátozott tudásunk lehet, mert csak bizonyos nézőpontokból az általunk konstruált modellek alapján ismerhetjük meg és írhatjuk le őket. Amennyiben a megismerés nem az objektum tökéletes, de a szubjektum oldaláról nézve passzív „leképződése", hanem a szubjektum és az objektum egyaránt konstitutív szerepet kap benne, akkor az interszubjektivitásnak tekinthető, írja Hankovszky [1]

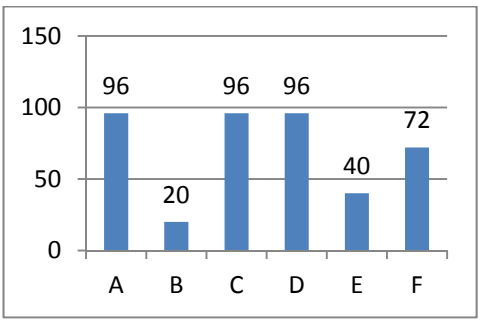
3. Hibamód és hatáselemzés

A Hibamód és hatáselemzés vagy röviden FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), egy olyan elemzéses módszertan melyet azért alkalmaznak, hogy megbizonyosodjanak arról, hogy a termék- és folyamattervezés folyamatában a lehetséges problémák azonosítása és figyelembevétele megtörtént. Az eljárás a hibamegelőzés, a valószínűsíthető hibáknak a tervezési fázisban történő feltárásában és elhárításában játszik fő szerepet. Tulajdonképpen az elkövethető hibák, a hibák hatásainak, és azok okainak a gyűjteménye, kiegészítve a jelenlegi megelőzési eljárások és detektálhatóság vizsgálatával. Az eljárás egyfajta kockázat elemzés. A kockázatelemzés során kiszámítható a rizikó faktor szám (kockázati szám), az RPN (Risk Priority Number) a súlyosság (S), gyakoriság (O) és észlelhetőség (D) szorzata. Mivel mindhárom tényezőt egy 1 és 10 közti számmal jellemezzük, ennek nagysága 1-től 1000-ig terjedhet.

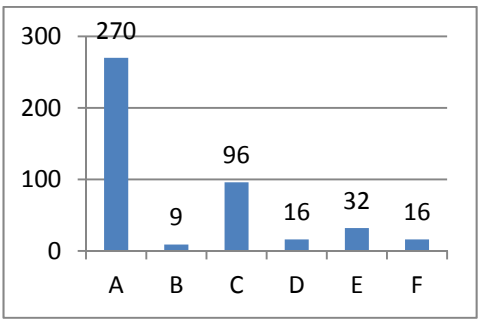
4. A kísérlet eredményei

A kísérlet során három főből álló szakértői csoportok végezték el ugyanolyan alkatrészekből álló golyóstoll FMEA elemzését. Minden csoport ugyanazokra az alkatrészekre és azok ugyanazon lehetséges hibáira 15 lehetséges hiba RPN számát állapították meg. Terjedelmi korlátok miatt cikkünkben csak négy RPN szám összehasonlítását mutatjuk be. Az első négy grafikon az elvégzett elemzések RPN számait tartalmazzák a különböző szakértői csoportok értékelései alapján. Az ábrákon a függőleges tengely az RPN számok skálája, a vízszintes tengely pedig az egyes szakértői csoportok betűjelét tüntettük fel.

Az **1. ábrán** látszik, hogy az ***A***, ***C***, ***D***, szakértői csoportok mindegyike egyaránt 96-os RPN értékeket adott. Azonban figyelemre méltó a ***B*** csoport RPN száma, amely kevesebb, mint a negyede az ***A***, ***C***, ***D***, csoport által adott értékeknek.

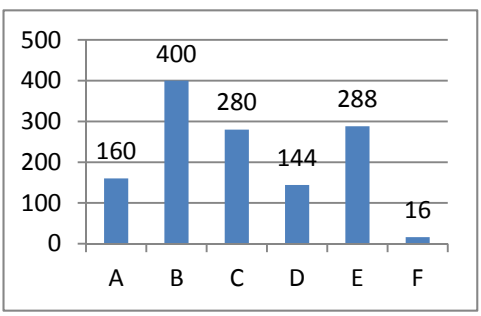


1. ábra. *Az 1-es alkatrész RPN értékei szakértői csoportok szerint*



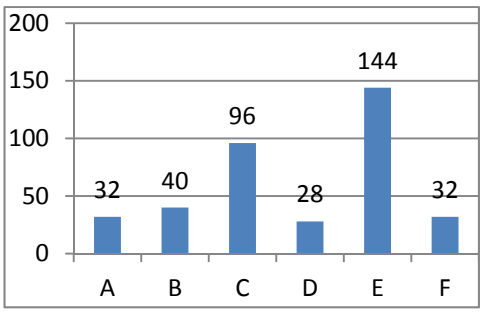
2. ábra. *A 6-os alkatrész RPN értékei szakértői csoportok szerint*

A **2. ábrán** még szembetűnőbb különbségek látszanak. A ***B***, ***D***, ***E***, és ***F***, szakértői csoportok RPN értékei is különböznek. Azonban a legjelentősebb különbség az ***A***, ***C***, szakértői csoportok rizikófaktor számainál látszik.



3. ábra. *A 10-es alkatrész RPN értékei szakértői csoportok szerint*

A **3. ábrán** a ***B*** szakértői csoport által megállapított legnagyobb RPN szám 25-ször nagyobb, mint az ***F*** szakértői csoport által adott legkisebb RPN szám. Figyelemre méltó az is, hogy az ***F*** szakértői csoport után következő második legkisebb RPN szám, amelyet a ***D*** szakértői csoport adott, 9-szer nagyobb a legkisebb RPN számnál.



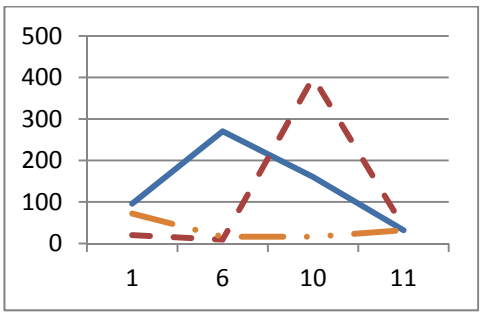
4. ábra. *A 11-es alkatrész RPN értékei szakértői csoportok szerint*

A **4. ábrán** az ***E*** szakértői csoport által megállapított a legnagyobb RPN szám és a ***D*** szakértői csoport adott a legkisebb RPN szám. Itt nincs akkora különbség, mint az előző alkatrész legkisebb, és legnagyobb RPN értéke között, azonban itt is több mint négyszeres a különbség.

Az eddigi ábrákból is egyértelműen látszik, hogy az egyes szakértői csoportok eltérően ítélik meg az egyes alkatrészek rizikófaktor számait.

Az **5. ábrá**ban a függőleges tengelyen az RPN számokat, a vízszintes tengelyen pedig az alkatrészek számait tüntettük fel. Az ábrában a jobb áttekinthetőség érdekében a hat szakértői csoport által alkatrészenként meghatározott RPN számai közül csak hármat ábrázoltunk.

Az ábra így is jól mutatja, hogy az egyes szakértői csoportok mennyire eltérően ítélik meg ugyanazon alkatrészek rizikófaktorait.



5. ábra. *Három szakértői csoport RPN számainak összehasonlítása*

5. Összegzés

Az kísérlet jól példázza azt, hogy ugyanazon módszertani elemeken alapuló vizsgálat eredményét mennyire befolyásolja az egyes szakértői csoportok közös tudása. Véleményünk szerint tehát, ahol a szubjektum megjelenik, mint például a technikai rendszerek működésének elemezésében, ahogyan a röviden bemutatott kísérletben végrehajtott FMEA-ban is, az eredmény nem kezelhető teljesen objektívként (hiába próbáljuk mi műszaki szakemberek mindenféle skálák bevezetésével objektívizálni), mert a döntés a szakértői csoportokban résztvevő személyek közös tudásától függ. Ilyen területeken helyesebb, ha az interszubjektív fogalmát használjuk.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Hankovszky Tamás: *Az interszubjektivitás reménye, Apokaliptika és posztmodernitás, Szent Vince Szakkollégium, Piliscsaba,2009, p 77-78*

[2] *WikiSzótár.hu magyar értelmező szótár, http://wikiszotar.hu/wiki/magyar_ertelmezo_szotar/ (2014.02.12.)*

[3]E Farkasova *Lehet (csak) objektív a megismerés?, Kalligram, Pesti Kalligram Könyvkiadó és Könyvterjesztő Kft., Budapest, 1995*

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 279–282. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.62
http://hdl.handle.net/10598/28636

ÚJ TÍPUSÚ, TURBULENCIA-GENERÁLÓ AKTÍV RÁCS LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA ÁLLANDÓ HŐMÉRSÉKLETŰ LÉGSEBESSÉGMÉRŐ TECHNIKA ALKALMAZÁSÁVAL

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A NOVEL TYPE ACTIVE GRID BY MEANS OF CONSTANT TEMPERATURE ANEMOMETRY MEASUREMENT TECHNIQUE

Szaszák Norbert[1], Szabó Szilárd[2]

[1,2]Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék, H-3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros, tel: +36(46)565-154, fax: +36(46)565-471, [1]aramszn@uni-miskolc.hu, [2]aram2xsz@uni-miskolc.hu

Abstract

In this paper the investigation and its results of a flow downstream of a novel type active grid is described. The examined grid contains metal tapes which can flutter on high frequency caused by the main flow itself, generated in a small size wind tunnel. The moving boundary layers in the flow produce flow with high turbulence intensity, which is expected downstream of an active grid. The high turbulence intensity causes rapid changes in the flow parameters, e.g. in the velocity fluctuations. Since its high sampling rate and its high signal to noise ratio, for this purpose an especially adequate measuring technique is the Constant Temperature Anemometry (CTA). By means of the CTA technique, inter alia the 1D energy spectrums were quantified.

***Keywords**: turbulence, wind tunnel, CTA, decaying turbulence, active grid.*

Összefoglalás

Jelen dolgozat egy új típusú aktív turbulenciagenerátor kísérleti mérésével és az eredmények kiértékelésével foglalkozik. Egy kisméretű nyomott rendszerű nyitott típusú szélcsatornába lett beépítve a rugalmas fémszalagokból elkészített aktív rács, ahol a szalagok a légáramlás hatására periodikus mozgást végeznek. A mozgó határrétegről leválló örvények magas turbulenciájú áramlást hoznak létre, így az áramlási paraméterek, például a pillanatnyi sebességértékek gyorsan változnak. A kialakult turbulens áramlás vizsgálatához, annak előnyös tulajdonságai miatt (magas mintavételezési frekvencia, magas jel/zaj arány) az állandó hőmérsékletű légsebességmérő technikát (CTA) alkalmaztuk. Többek között meghatároztuk a turbulencia-intenzitást és az egydimenziós energiaspektrumot is.

***Kulcsszavak:** turbulencia, szélcsatorna, CTA, elhaló turbulencia, aktív rács.*

1. A kutatás tárgya

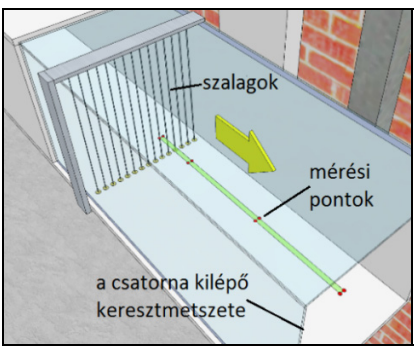
Jelen dolgozat egy doktori témául szolgáló alapkutatás legújabb eredményeit kívánja bemutatni. A kutatás keretein belül egy olyan, laboratóriumi szélcsatornákba beépíthető szerkezet fejlesztése és áramlástechnikai vizsgálata történik, amely egy költséghatékony megoldást jelenthet a jelenleg alkalmazott, jóval bonyolultabb felépítésű eszközök mellett [1,2]. Számos áramlástani vizsgálathoz szükséges magas intenzitású, ismert paraméterekkel rendelkező turbulenciájú áramlás létrehozása. A

magas turbulenciájú áramlás nagymértékben növeli különböző kémiai reakciók gyorsaságát is, így a turbulencia-generálás az ipari alkalmazások tekintetében is fontos szerephez jut. Szélcsatorna-áramlások esetén e célra alkalmazhatók az úgynevezett turbulencia-generáló rácsok. Ezeknek passzív és aktív típusait különböztetjük meg. A passzív rácsok mozgó elemek nélküli szerkezetek, amelyekkel viszonylag csak kismértékben növelhető a turbulencia [3], továbbá sok esetben a kialakuló örvényskálák sem elégségesek. Jóval nagyobb intenzitású és szélesebb skálájú turbulencia érhető el az aktív rácsokkal, amelyek (külső energiaforrással) mozgatott alkatrészeikkel okoznak „zavart" az áramlásban. Ezek azonban bonyolult felépítésűek, ebből adódóan igen költséges szerkezetek. Egy költséghatékony megoldás lehet az általunk fejlesztendő szerkezet, mely az alapáramlás mechanikai energiájának egy részét hasznosítja a rácselemek mozgatásához.

2. A kísérleti rács és a mérőrendszer

A vizsgált rács a nyomott rendszerű nyitott szélcsatorna [4] végén található 1000 *mm* hosszú 400×400 *mm* keresztmetszetű mérőtérben a kilépő keresztmetszet előtt 800 *mm*-re került beépítésre, ahogy azt az **1. ábra** mutatja. Az egyes szalagok közötti távolság *M*=25 *mm*, így a rács összesen 15 darab függőlegesen elhelyezett, az áramlás síkjával párhuzamos felületű szalagot tartalmaz, melyeket egy merev alumíniumkeretben helyeztünk el. A szalagokat a keret felső lapján mereven rögzítettük, az alsó lapon viszont csavarmenetes feszítőszerkezetet készítettünk, amellyel az egyes szalagok feszessége külön állítható (alacsony sebesség esetén kisebb feszítés szükséges a rezgés kialakulásához). Maguk a rácselemek 6 *mm* széles és 0,05 *mm* vastag, 1.1274 anyagminőségű szénacél szalagok. A szélcsatornában a légáram sebességét egy frekvenciaváltóval vezérelt radiális ventilátor segítségével 0-7 *m*/*s* értékek között állíthatjuk be, miközben egy Testo gömbszondás légsebességmérő mutatja a csatorna középvonalában kialakult sebességet. A méréseket a műszer által kijelzett 3, 4, 5, 6 *m*/*s*-os sebességeken végeztük el úgy, hogy a szalagok rezegtek. További mérést végeztünk 3 *m*/*s*-os áramlás esetén, amikor is a szalagok rezgését megakadályoztuk: a feszítőszerkezettel a rezgő állapothoz képest jóval nagyobb feszességet állítottunk be.

Az elvégzett mérések célja a rács után kialakuló áramlásban jelenlévő örvények vizsgálata volt, ezért a rácstól különböző távolságban található mérési pontokban vizsgáltuk az alapáramlás irányú sebességingadozásokat. Erre a célra előnyös tulajdonságai miatt az állandó hőmérsékletű hődrótos légsebességmérő méréstechnikát (CTA) alkalmaztuk: egy háromkarú traverzre rögzített egydimenziós szondával 30 *kHz*-es mintavételezési frekvenciával mérési pontonként 3 *s*-ig mértünk, majd az adatokat a StreamWare nevű CTA szoftverből exportáltuk, és a MATLAB programmal dolgoztuk fel. A szélcsatornába beépített rács és a mérési pontok elhelyezkedése az **1. ábrá**n látható.



1. ábra. *A szélcsatorna mérőtere a beépített ráccsal, a rács után kialakított mérési pontok (2×4 db) bejelölésével.*

A mérési pontok a szélcsatorna vízszintes középsíkjában lettek kialakítva. Négy pont magán a középvonalon helyezkedik el, ezektől a vízszintes irányban 12 *mm*-re található a másik vonalban elhelyezkedő négy mérési pont. A két vonalban történő elhelyezést az indokolta, hogy az egyes szalagok mögött más értékeket vártunk a szalagok közötti tér értékeihez képest. A rácshoz legközelebbi pontpár eredményei között eltérés mutatkozott, mivel a turbulencia ekkora úton még nem homogenizálódott; azonban a dolgozat terjedelmi korlátai miatt ennek vizsgálatára nem térünk ki.

3. Adatfeldolgozás

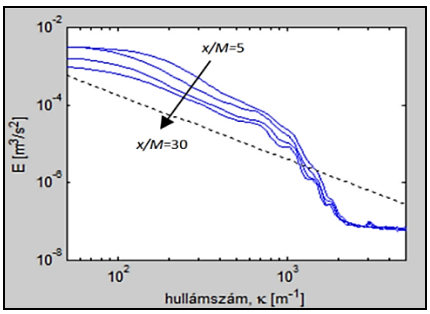
A mérési pontok koordinátáit, az adatgyűjtés időpillanatait és a CTA-szondával mért pillanatnyi sebességértékeket tartalmazó adatfájlokat a MATLAB nevű programba importáltuk adatfeldolgozás céljából.

Az adatok megfelelő mátrixokba történő rendezését követően statisztikai módszerekkel határoztuk meg az átlagsebességeket és a turbulenciafok-értékeket. Mivel e mérés célja az áramlásban megtalálható örvények vizsgálata volt, ezért erre a célra egy külön scriptet készítettünk.

Maga a script beolvasta az előzőleg rendezett adatmátrixokat, majd a MATLAB beépített *spectrum.welch* és a *psd* (power spectral density) függvényeivel számította ki az egyes adatsorok energiaspektrumát. A Welch-módszer egy olyan nemparametrikus becslési módszer, amely az adatsorból, modell feltételezése nélkül expliciten becsüli meg a vizsgált folyamat spektrumát. Az energiaspektrumhoz súlyzófüggvényként Hanning-ablakot alkalmaztunk 50%-os átlapolással. A leírt módszerrel öt különböző mérési beállítás esetén, beállításonként 8 mérési pontban határoztuk meg az energiaspektrumokat. A spektrum függőleges tengelye a spektrális energiasűrűség (E), a vízszintes tengely a hullámszám (κ), amely az (1) összefüggéssel számítható:

$$\kappa = 2 \cdot \pi / L, \qquad (1)$$

ahol L az áramlással sodródó örvény jellemző méretének a fele. Az energiaspektrum alakulását a rácstól mért különböző távolságokban, 6 *m/s* átlagsebesség esetén a **2. ábra** szemlélteti.



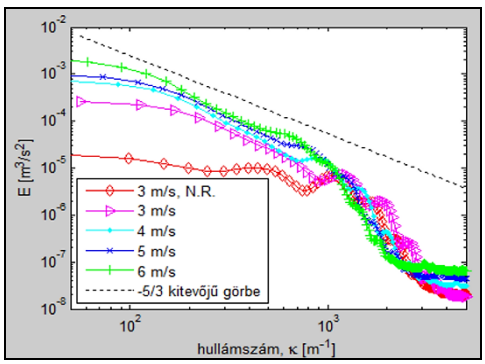
2. ábra. *6 m/s esetén felvett egydimenziós energiaspektrum a rácstól mért x/M=5, 10, 20, 30 távolságokban.*

A diagram alapján több megállapítást is tehetünk. Fontos észrevenni, hogy a tengelyek mértékegységeit összeszorozva fajlagos energiamennyiséget kapunk ($m^2/s^2 \equiv J/kg$), így a görbék alatti terület megfelel az adott pontban mért egydimenziós fajlagos turbulens kinetikus energiának. Látható, hogy a rácshoz legközelebbi pontban a legnagyobb ez az energia, távolodva a rácstól pedig monoton csökkenő értékek adódnak. Ez a tendencia a vártnak megfelel, hiszen a turbulenciáért felelős örvény-produkció csupán a rács közvetlen környezetében jellemző, távolodva a rácstól a kis örvényekben végbemenő energiadisszipáció miatt a turbulencia folyamatosan gyengül.

A nagy skálák kisebbekké való átmenetének törvényszerűségeit az elsők között Kolmogorov orosz matematikus vizsgálta, akinek a turbulenciára vonatkozó spektrális elméletét napjainkban is alkalmazzák a turbulencia leírásához [5]. Az elmélet alapján

a spektrum három szakaszból áll: a legnagyobb örvényeket (legkisebb hullámszámok) tartalmazó „energiahordozó ” tartomány (energy-containing range); a tehetetlenségi altartomány (inertial subrange), ahol a nagyobb skálák folyamatosan kisebbekké alakulnak; továbbá a disszipációs tartomány, ahol egy bizonyos örvényméret alatt megjelenik a viszkozitás szerepe, amely energia-disszipációhoz vezet. A tehetetlenségi altartományra az elmélet szerint egy $E=C\cdot\kappa^{-5/3}$ görbe illeszkedik (C konstans), amelyet a **2. ábrá**n szaggatott vonallal jelöltünk. Megfigyelhető, hogy a görbéink alakulása (a tehetetlenségi altartományban) szépen közelíti az elméleti meredekséget.

A vizsgálatainkkal arra is kerestük a választ, hogy miként függ a kialakuló spektrum az átlagsebességtől. Ezért a **3. ábrá**n az öt különböző mérési beállítást hasonlítottuk össze, a rácstól 20 *M* távolságban.



3. ábra. *Különböző sebességeken felvett energiaspektrumok a rácstól mért 20 M távolságban (N.R.=nem rezgő rács).*

Talán a legszembetűnőbb különbség a nem rezgő rács, és az ugyanakkora átlagsebesség esetén (3 *m*/*s*) rezgő rács eredményei között figyelhető meg. Látható, hogy alacsony hullámszámok esetén (nagy örvények) közel egy nagyságrenddel kisebb az energia értéke, továbbá a nem rezgő esetben nem alakul ki a -5/3-os szakasz sem. Ennek oka az lehet, hogy a rácsban lévő szalagok nyugalmi helyzetükben párhuzamosak az áramlással, így csak minimálisan zavarják meg a csatornában kialakult alapáramlást, nem visznek örvényeket az áramlásba (nincs produkció). Továbbá megfigyelhető, hogy nagyobb sebességekhez rendre nagyobb energiaértékek tartoznak (főleg az energiahordozó tartományban), és a rezgő szalagok után mindig kialakul a tehetetlenségi altartomány is, amely szépen közelíti az elméleti görbét.

4. Következtetések

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy az aktív rács alkalmazásával jelentősen növelhető az áramlás turbulens energiája. Az aktív rács mögött kialakuló turbulencia széles skálájú; a spektrumképek hasonlóságot mutatnak más szakirodalmakban található eredményekkel [1].

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesül.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kang, H. S., Chester, S., Meneveau, C: *Decaying turbulence in an active-grid-generated flow and comparisons with large-eddy simulation*, J. Fluid Mech. vol. 480, Cambridge University Press, Egyesült Királyság, 2003, 129-160.

[2] Makita, H: *Realization of a large-scale turbulence field in a small wind tunnel,* Fluid Dynamics Research 8, Észak-Holland, 1991, 53-64.

[3] Kamruzzaman, Md., Djenidi, H. S., Chest, L., Antonia, R. A: *Behaviours of Energy Spectrum at Low Reynolds Numbers in Grid Turbulence*, I. J. of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering Vol. 7, No. 12, 2013, 1385-1389.

[4] Szaszák, N: *Development of Small Size Wind Tunnel for Investigation of Turbulence Generators,* Tavaszi Szél Konferenciakiadvány, DOSz, Budapest, 2013, 217-224.

[5] Pope, S. B: *Turbulent flows,* Cambridge University Press, 2000, 229-242.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 283–286. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.63
http://hdl.handle.net/10598/28638

A SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ PONTOS MEGHATÁROZÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ KÖRÜLMÉNYEK VIZSGÁLATA GYŰRŰ ZÖMÍTÉSÉNÉL

EXAMINATION OF THE BOUNDARY CONDITIONS IN DETERMINATION OF THE FRICTION COEFFICIENT BY RING UPSETTING

Szerencsés Ádám[1], Gonda Viktor[2]

Óbudai Egyetem, BGK-AAT, 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8; Fax: +36-1-6665494, levelezési cím: [1]szerencses.adam@gmail.com [2]gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Ring upsetting is widely used for the determination of the friction coefficient. While the measurement is easy to carry out, many factors affect the accuracy of the results. In the present paper, we examine the effecting factors, and evaluate them by considering the error they introduce in the results. We carried out both finite element simulation and experiments on Al and Cu specimens with various boundary conditions.

***Keywords**: material testing, ring upsetting, measurement error, lubrication condition, friction coefficient.*

Összefoglalás

A gyűrű geometriájú próbtest zömítése egy igen széleskörűen elterjedt módja a súrlódási mérőszámok meghatározásának. A vizsgálat egyszerűsége mellett azonban sok tényező befolyásolhatja a mérés kimenetelét. Jelen dolgozat ezeknek a tényezőknek a feltárására irányul, valamint rangsorolásukra az alapján, hogy milyen mértékben visznek hibát a kiértékelésbe. A kísérletet Al és Cu próbatestekkel különböző peremfeltételek mellett végeztük el, végeselemes modellel segítettük a kiértékelést.

***Kulcsszavak:** anyagvizsgálat, gyűrűzömítés, mérési hiba, kenési feltétel, súrlódási együttható.*

1. Bevezetés

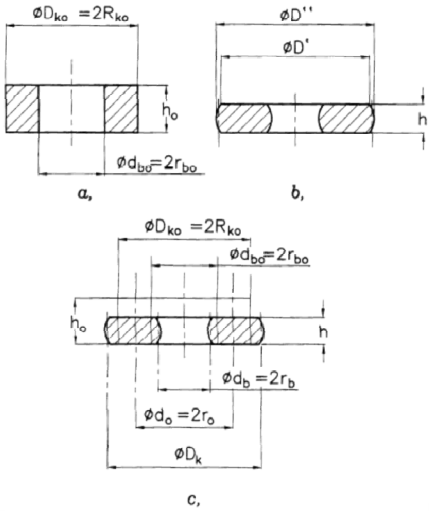
A képlékenyalakításnál a súrlódási viszonyok kiemelt fontossággal bírnak. A súrlódási mérőszámok meghatározására többféle vizsgálat létezik: a szalaghúzó próba, nyújtva hajlító próba, valamint a gyűrűzömítő vizsgálat [1]. A gyűrűzömítő vizsgálat egyszerűen végrehajtható, viszont eredményeinek jóságát befolyásolja, ha a súrlódó felületek eltérő felületi minőséggel rendelkeznek, és/vagy a kenés helyes kivitelezésében hibát vétünk. Ezen peremfeltételek hatását vizsgáljuk kísérleti úton és végeselemes szimuláció segítségével.

2. Elméleti háttér

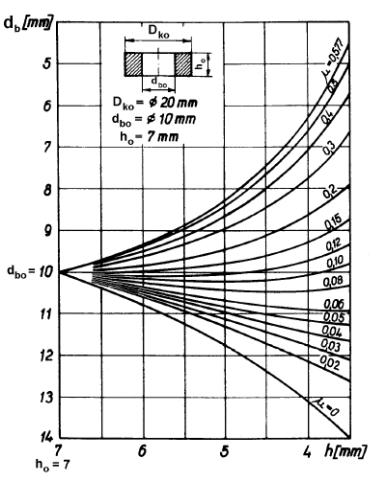
2.1. A gyűrűzömítő vizsgálat

A súrlódási tényező meghatározására szolgáló gyakori vizsgálat a gyűrű alakú darabok zömítő vizsgálata. Egy hengeres gyűrűt két síklap között axiális irányban „h_0”-ról „h” magasságra zömítve, a külső és

belső átmérőjének megváltozása a szerszámmal érintkező felületek között ébredő súrlódás nagyságától függ.



1. ábra. *A gyűrű kiinduló (a,) és zömítés utáni (b, c,) geometriája és méretei.*



2. ábra. *Burgdorf-nomogram*

Ha a súrlódási tényező kicsi, akkor a gyűrű belső átmérője gyakorlatilag nem változik, ellenben a külső átmérő jelentősen növekszik. Kedvezőtlen súrlódási viszonyok mellett a külső átmérő kevésbé nő, a belső átmérő csökken. Tehát a „h” magasságra zömített gyűrű geometriája hordozza a súrlódási viszonyokra vonatkozó információt.

2.2. A zömítés utáni méretek

A zömítés során a gyűrű külső és belső palástfelületei a súrlódás miatt hordósodnak. A próbatest zömítés előtti és utáni geometriája az **1. ábrán** látható.

A „h” zömítési magassághoz tartozó idealizált (hordósodás nélküli állapothoz tartozó) geometriai méretek, valamint a semleges (helyben maradó) réteg helyzete a térfogat állandóság felhasználásával határozható meg az alábbi képletek felhasználásával az **1. ábra** geometriai jelöléseivel. Az idealizált külső átmérő, D_k:

$$D_k = \frac{2 \cdot D'' + D'}{3} \qquad (1)$$

Az idealizált belső sugár, r_b:

$$r_b = \sqrt{R_k^2 - (R_{k0}^2 - r_{b0}^2)\frac{h_0}{h}} \qquad (2)$$

A semleges réteg sugara, r_0:

$$r_0 = \sqrt{\frac{R_{k0}^2 \cdot h_0 - R_k^2 \cdot h}{h_0 - h}} \qquad (3)$$

2.3. A súrlódási mérőszámok meghatározása

A gyűrű feszültség- és alakváltozás analízise alapján határozhatók meg a súrlódási jellemzők [1]. Zárt alakban csak a Kudo-féle súrlódási szám számítására vonatkozó képlet írható fel, Coulomb-féle súrlódási tényező, μ, csak numerikus integrálás segítségével számítható. A mért geometriai méretekből a μ súrlódási tényező egyszerű és gyors meghatározását teszi lehetővé a Burgdorf-nomogram, amely a **2. ábrán** látható, adott kiinduló méretekkel rendelkező gyűrű zömítése során alkalmazható.

3. A kísérlet leírása

3.1. A kísérlet célja

Vizsgálatunk célja, hogy megállapítsuk, hogyan befolyásolja a gyűrűzömítő vizsgálat eredményét, ha a próbatest felületein eltérnek a súrlódási viszonyok.

3.2. A vizsgált paraméterek

Próbatest anyagminősége:
Alumínium (Al) és Réz (Cu).
A keményfém nyomólap felülete:
Sima, érdes.
Az alkalmazott kenőanyag:
Molibdén-diszulfid (MoS_2) és Molykote **(1. táblázat)**.

3.3. A mérés menete

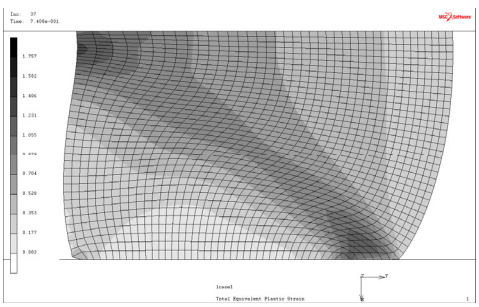
A zömítést mind a két felsorolt anyagminőségnél elvégeztük különböző kenési feltételek mellett. Az első mérés során, hagyományos módon, a gyűrű mindkét felületét kentük. Ezek lesznek az összehasonlítások alapjai. A második mérésnél csak az egyik oldalt kentük, így annak sima, a másik oldalnak pedig kenőanyagmentes, érdes felületet biztosítottunk. Az alumínium gyűrűknél két különböző kenőanyaggal is végrehajtottuk a kísérletet a második esetre vonatkozóan. Összesen 7 mérési esetet határoztunk meg (**1. táblázat**: 1-7. sorszám).

4. Végeselemes szimuláció

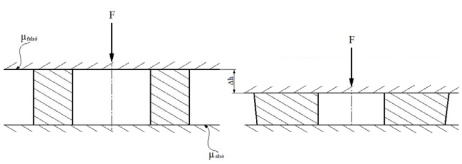
A végeselem analízis során a réz próbatestek 6. és 7. sorszámú zömítését modelleztük. Tengelyszimmetrikus síkbeli modellt hoztunk létre. A próbatestet rugalmas-képlékeny keményedő anyag-modellel, a szerszámokat merev testként modelleztük. Súrlódási modellre a Coulomb-féle modellt alkalmaztuk, a súrlódási együttható értékei: a sima, kent felületen $\mu_{felső} = 0{,}04$, az érdes felületen $\mu_{alsó} = 0{,}5$. A szimulációból kapott eredmények 8. (6. alapján) és 9. (7. alapján) sorszámot kapták az **1. táblázat**ban. A deformált gyűrű az **1.b ábrán** definiált geometriai adatait kiolvastuk a programból, ezek a mért értékek oszlopokban szerepelnek.

Az **3. ábrán** a 8-as számú eset szimulációs eredménye látható. Megfigyelhetjük a gyűrű keresztmetszetében a geometria torzulását. Az ábra szürkeárnyalatai az összehasonlító alakváltozás értékeit jelölik, az értékek 0 és 1,8 között alakulnak, a világosabbtól a sötét színek felé növekednek.

A felső felülethez közeli anyagrész a kis súrlódás miatt x-irányában (a **3. ábrán** jobbra) mozdul el, belső átmérő növekszik. Az alsó, érdes felületen a nagy súrlódás miatt gátolt az anyagrészek elmozdulása, a palástfelülethez közeli anyag fordul rá a nyomólapra, helyileg a belső átmérő növekedését okozva. A zömítettség növekedésével a gátolt elmozdulású anyagrészek hatása lesz a meghatározó, így a belső átmérő csökken.



3. ábra. *Az összehasonlító alakváltozás értékei*



4. ábra. *Kúposság a kedvezőtlen kenésnél*

5. Eredmények

Megfigyelhető, hogy ha a próbatest felületein eltérő a súrlódás, akkor a zömített darabok nem hordósodnak, hanem kúpos alakot vesznek fel **(4. ábra)**. Ez annak tudható be, hogy a különböző felületeken

eltérő nagyságú a súrlódási együttható értéke, azaz zömítés közben a radiálisan elmozduló anyagrészek fékezettsége az érdesebb nyomólapon nagyobb.

5. ábra. *A zömített darabok felül- és alulnézete*

1. táblázat. *A kísérlet eredményei*

			Mért értékek				Számított értékek				Nomogramról leolvasott értékek	
Sor-szám	Anyagminőség	Kenés	H [mm]	D' [mm]	D'' [mm]	d_b [mm]	D_k [mm]	r_b [mm]	r_0 [mm]	m [-]	μ [-] (d_b mért értékhez tartozó)	μ [-] (d_b=2*r_b számított értékhez tartozó)
1.	Al	Mindkét oldal kent (MoS_2)	5,2	22,7	23,15	10,03	23,00	5,59	2,61	0,0210	0,12	0,04
2.	Al		4,6	23,71	24,48	10,02	24,22	5,71	3,24	0,0292	0,12	0,03
3.	Al	Felső oldal kent (MoS2), alsó érdes	5,3	22	23,13	9,78	22,75	5,51	2,87	0,0284	0,16	0,02
4.	Al		4,05	24,34	25,23	8,66	24,93	5,08	4,89	0,1106	0,2	0,1
5.	Al	Felső oldal kent (Molykote), alsó érdes	4,35	23,26	24,49	9,05	24,08	4,93	5,12	0,1565	0,2	0,13
6.	Cu	Felső oldal kent (Molykote), alsó érdes	4,4	23,23	24,5	9,44	24,08	5,06	4,90	0,1271	0,16	0,13
7.	Cu	Mindkét oldal kent (Molykote)	4,45	24,23	24,55	10,56	24,44	5,60	3,72	0,0425	0,08	0,04
8.	Cu	Szimuláció, felső oldal jól kent (μ=0,04), alsó érdes (μ=0,5)	4,41	22,26	24,35	9,32	23,65	4,56	5,67	0,294	0,19	0,2
9.	Cu	Szimuláció, mindkét oldal jól kent (μ=0,04)	4,48	24,36	24,57	11,38	24,5	5,74	3,31	0,029	0,03	0,03

A belső átmérők alakulása szabad szemmel is jól látható a súrlódási értékek függvényében **(5. ábra)**. Az 1. , 2. és 7. számú gyűrűnél megfigyelhető, hogy a belső átmérő nem-, vagy csak kis mértékben nőtt, a többi darabnál viszont csökkent. Ebből előre becsülhető, hogy a felsorolt gyűrűknél a súrlódási együttható kis értéket vett fel, a többinél pedig nagyobb értékekre számíthatunk.

A kísérletek és a szimulációk eredményei összesítve az **1. táblázat**ban láthatók.

6. Az eredmények értékelése, következtetések

Az idealizált kenési feltételekhez meghatározott képleteket használva a mind a két kenési esetre, a réznél azt tapasztaljuk, hogy a súrlódási együtthatók számított és mért értékből kapott eredmények között minimális az eltérés. Az alumínium próbatestek egyenetlen alakváltozása miatt a két érték között többnyire egy nagyságrenddel kisebb lett a számított értékhez tartozó súrlódási együttható.

Az alumíniumnál kipróbált kétféle kenőanyag közel ugyanazt a súrlódási együttható értéket adta.

A megfelelő, kétoldali kenés biztosításával a súrlódási együttható közel a harmadára csökkent az ”elrontott” kenési állapothoz képest.

A rossz kenési viszonyok ingadozó, eltérő, hibás értékeket adnak. Ezt jól látni az alumínium 3. számú gyűrű zömítésénél, ahol a vele azonos körülmények között zömített 4. számú gyűrűtől nagyértékben eltérő eredményeket kaptunk. Összevetve a jól kent 1. számú gyűrű adataival, irreális, ellentmondásos értéket kapunk, mivel a kapott súrlódási együtthatóra kisebb érték adódott, amikor annak nagyobbnak kellett volna lennie az érdes felület miatt.

Összehasonlítva a kiértékelt súrlódási együttható értékeit azonos és eltérő súrlódási viszonyok mellett réz próbatest és Molycote kenőanyag használatakor (6. és 7. eset) a „rossz kenés” extrém esetén meghatározott 0,13-as érték több mint 3x nagyobb a jó 0,04-es értékhez képest. Ez a legrosszabb esetet jelenti, tehát legnagyobb eltérés 0,1 tekinthető a hiba felső határának.

Szakirodalmi hivatkozás

[1] dr. Horváth László: *Képlékenyalakítás alapfogalmai*. Elektronikus jegyzet, Óbudai Egyetem, 2003, 30-35. oldal.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 287–290. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.64
http://hdl.handle.net/10598/28639

AZ ÉPÍTŐIPARI, BERUHÁZÁSI – PROJEKT KOCKÁZATOK VIZSGÁLATA ÉS FELTÁRT DIMENZIÓI

THE ANALYSIS AND THE DISCOVERED DIMENSIONS OF CONSTRUCTION INVESTMENT PROJECT RISKS

Szilágyi Tibor Pál[1], Almádi Bernadett[2], Tóth Tamás[3]

[1]*Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális és Vidékfejlesztési Tanszék, H–2103, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522000, sztp@stanford.edu*

[2]*Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Üzleti Tudományok Intézete, H–2103, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522000, bernadett.almadi@gmail.com*

[3]*Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális és Vidékfejlesztési Tanszék, H–2103, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly utca 1.; Telefon / Fax: +36-28-522000, Toth.Tamas.Argi@gtk.szie.hu*

Abstract

In our current publication we examine the project risks of construction investments, partly based on an earlier research, partly based on a currently undergoing primary research. Our goal is to further define and detail the risk factors that can be learnt, discovered and filtered during the investment projects so that we can create a model valid for the whole sector during a unified, standardizable model creation process. We continue to base our research on the relevant professional literature and on our earlier secondary research data. In our study, we show the deeper, qualitative background of our current primary research. During the qualitative phase, we conducted in-depth interviews (based on a partly structured interview draft in order to examine the professional opinions), and we hereby publish the results of this research.

Keywords*: investment preferences, consumer behaviour, detected consumer-service provider risks, risk mitigation suggestions.*

Összefoglalás

Jelen publikációnkban az építőipari beruházások projektkockázatait vizsgáljuk, részben egy már korábban lefolytatott és feltárt vizsgálatra épülő, részben egy éppen folyamatban lévő primer kutatás alapján. Célunk, hogy a már feltárt és megismert projektkockázatok közül tovább definiáljuk és részletezzük azokat a kockázati tényezőket, melyek a beruházási projektek során megismerhetőek, feltárhatóak és kiszűrhetőek, hogy egy egységes szternderdizálható modellalkotás során az egész szektorra kiterjeszthető modellt alkothassunk. A kutatómunka során mind releváns szakirodalmi bázisra, mind saját, korábbi kutatási szekunderadatokra támaszkodunk. Tanulmányunkban az aktuális primer kutatásunk feltárt, mélyebb kvalitatív összefüggéseit mutatjuk be. A kvalitatív fázis keretében mélyinterjúkat készítettünk (féligstruktúrált interjúvázlat segítségével, a szakértői vélemények feltárása érdekében), és az így feltárt eredményeinket tesszük most közzé.

Kulcsszavak: *beruházási preferenciák, fogyasztói magatartás, észlelt fogyasztói – szolgáltatói kockázatok, kockázatcsökkentési javaslatok.*

1. A téma aktualitása, a kutatás folyamata és szakirodalmi kötődése

A témát abszolút aktuálisnak látjuk, hiszen a gazdasági paradigmaváltás hatására átrendeződött építőipari szereplők helyzete alapvető változásokon ment át. A megrendelői és fogyasztói szereplők prefe-renciáin részben– egészében végbemenő változások hatása a fogyasztói magatartás változását veti előre, mely hatásváltozás nem ér véget csak a fogyasztói oldal szereplőivel. A szolgáltatói oldal abban az esetben ha lépést akart tartani a megváltozott igényekkel, alkalmaszkodnia kell a piac többi szereplőivel együtt ehhez az igényváltozáshoz.

A gazdasági környezet változásával megváltoznak a beruházási szokások. Jól látszik ez a folyamat a 2013 első és 2014 év második negyedéve közötti időszakon is, hiszen az előző év azonos időszakával összehasonlítva a lakásárak szintén emelkedtek (mind nominális, mind a reál értelemben vett növekedés mértéke megközelítette az 1,4%-ot). Vagyis a gazdasági szereplők az alacsony jegybanki kamatszint hatására kedvező feltételekkel jutnak hitelhez, ami tovább serkenti a beruházási hajlandóságot. A jövőbeni pozitív gazda-sági kilátások és az alacsony kamatszint együttesen inkább arra sarkalják a piaci szereplőket hogy megtakarításaikat befek-tessék, a helyett, hogy banki minimál-hozadékkal számoljanak [1]. A 2014. III. negyedévéről szóló új lakás építésre és építési engedélyre vonatkozó statisztikák is ezt erősítik meg, mind az építések, mind az engedélyek száma alapján (a 30% körüli növekedés figyelhető meg a 2013 azonos időszakához viszonyítva) [2].

Ezek a kedvező folyamatok az adásvételek számának növekedésével is indexálhatóak. (A KSH információ szerint a prognosztizálható forgalom adott évben 10-15%-os növekedést mutathat.)

A növekedés és a fellendülés regionális szinteken eltérő képet mutat, a legstabilabb ingatlan alpiac a Nyugat-Dunántúl-i, ahol láthatóan tartós árnövekedés figyelhető meg az FHB Index elemzése alapján [2].

A kutatásunk jelenlegi fázisát megelőzően már lefolytattunk egy empirikus vizsgálatot melynek adataira épül jelenlegi vizsgálatunk. A feladat nehéz, hiszen ezek a változások folyamatosak, és szinte alig észrevehetőek. Ezért a kutatás jelenlegi primer fázisában a kvalitatív technikák kerülnek előtérbe, ahol a mélyebb összefüggéseket vizsgáljuk egy későbbi kvantitatív fázis megalapozása céljából.

Jelen publikációnkban ezért csak néhány részeredményét mutatunk be.

A hazai és a külföldi szakirodalom közül a folyamatmenedzsmenttel foglalko-zó elméleti kitekintésekre és a projektmenedzsment szakirodalmi hátterére fókuszáluk [4], mivel ez a két terület segíthet hozzá leginkább a beruházási projektmenedzsment lépéseinek vizsgálatához, kapcsolatrendszerének feltárásához. Az elmúlt évtizedek során egyre inkább felerősödnek a minőségirányítási rendszerek tudományos alapú vizsgálatainak jelentősége [4]. Jelen tanulmányunk sok területről meríti irodalmi hátterét, hiszen a projektek összetettségük következtében a diszciplínák világában internális természettel bír. Így támaszkodik a Görög M., Pupos T, Tóth T [3] tanulmányra is.

2. Módszertani háttér

A primer kutatásunk során a beruházási szokásokat, hajlandóságot vesszük górcső alá. Elemezzük a tervezési a beruházás előkészítési, a beruházás menedzsmentje közötti kapcsolatot, azok viszonyát és egymásrahatását, valamint az ezeket befolyásoló további, jelenleg még feltáratlan egyéb tényezőket. A primer kutatásunk kvalitatív és kvantitatív kutatási fázisból épül fel. A kvalitatív vizsgálatunk a több-

lépcsős folyamat egyik kezdeti fázisa, mely a már korábban lefolytatott saját kutatási eredményekre (alapozó kvalitatív kutatásra) épül. Ez a módszer az építőipari- beruházási projektmunka vizsgálható fázisainak áttekintését jelenti [3], egyfajta menedzserszemlélet kibontakozását keresve.

3. Eredmények

A kutatás során feltártuk a beruházási hajlandóság, az építészirodák és a beruházás-előkészítés között megmutatkozó kapcsolatrendszer struktúráját, illetve annak sajátosságait. Részletesen kerestük a fogyasztói kockázatvállalási hajlandóság és a szolgáltatói kockázatcsökkentési módszerek közötti összefüggéseket. Azt vizsgáltuk, hogy milyen módon hat egyik a másik működésére, mivel lehet motiválni a beruházókat, és milyen módon hat a megbízói bizonytalanság a tervezés és kivitelezés folyamatára, milyen financiális és emocionális okai vannak a beruházás megvalósulásának, vagy éppen annak meghiúsulásának.

3.1. A megelőző kutatás kvalitatív eredményei

A megelőző alapozó kvalitatív kutatásunk validálásához a kvantitatív kutatási fázist során nem reprezentatív, önkényes mintavételt alkalmaztunk, melyet előtesztelt sztenderdizált kérdőív segítségével folytattuk le. Az adatfelvétel 2011 augusztusa és 2012 áprilisa közötti időszakban zajlott (N=306), a kapott eredmények segítettek az újabb kvalitatív fázis tárgyköri kérédéseit tovább struktúrálni.

A megelőző, alapozó kvalitatív kutatás vizsgálati eredményei a következő kockázati dimenziókat mutatta [5]. A feltárt legfontosabb konklúziók egyike, hogy az interjúk során sikerült körvonalazni a szol-gáltatást igénybevevők (megbízók, épít-tetők, beruházók) oldaláról érzékelt koc-kázati tényezőket. Melyek a következők:

- pénzügyi-;
- idő-;
- személyi-;
- társadalmi-;
- és pszichológiai kockázatok.

A pénzügyi kockázat röviden azt jeleni, hogy elég likvid forrás, fedezet áll-e rendelkezésre ahhoz, hogy elkészüljön az építkezést. Az időkockázat a határidőre való elkészülést takarja. A személyi kockázat a nem megfelelő szakemberválasztást jelenti, amely a projekt befulladását is jelentheti. A rossz tervező, a gyakorlattal, referenciával nem rendelkező kivitelező, a rosszul kiválasztott műszaki ellenőr stb. mind kockázati tényező. A társadalmi kockázat kicsit absztraktabb nézőpont, az egyén szerepét és a társadalom viszonyát vizsgálja. Véleményünk szerint a társadalmilag disszonáns beruházási projektek kockázata gazdasági– és politikai kockázatokat is rejt magában. A pszichológiai kockázat azt jelenti, hogy mennyire érzi majd sajátjának az elkészült beruházást az építtető.

3.2. A jelenlegi kutatás kvalitatív eredményei

A jelenlegi kutatási fázisban a kvalitatív interjúk lefolytatása és azok párhuzamos kiértékelése zajlik. Szeretnénk megismerni, hogy melyek a kivitelező (szállító) és melyek a megrendelő (ügyfél) által észlelt elvárások és észlelt kockázatok. Továbbá szeretnénk feltárni a projekt specifikus és az általános (projekt független) kockázatkezelési megoldásokat a stakeholderekkel. A módszer szakértői interjú. Az alanyok rekrutálása: projekttel foglalkozó, azt irányító vagy koordináló szakemberek, projektvezetők, projekt menedzserek, vagy koordinátorok. Fontos további kiválasztási szempont, hogy az alanyok különböző ágazatban tevékenykedjenek, hogy a vizsgálati szempontok ezek alapján ütköztethetők, összevethetők legyenek. A féligstruktúrált interjúvázlat tárgyköri kérdései a következő nagy

kérdéscso-portokat járta körbe, melyekből az összefüggések vizsgálata zajlik:

- a projekt főbb elemeinek, ismérveinek feltárása;
- a projekt előkészítése (pl.: idő, költségek, minőség, felelősségvállalás, tájékoztatás, beszámolási kötelezettség);
- és a projekt megvalósítása (pl.: kulcs elemek, teljeítésigazolás, észlelt időkockázatok);
- a projekt értékelése (pl.: megvalósulás a tervezetthez képest).

Ezen lefolytatott és jelenleg már kiértékelt *kvalitatív vizsgálat* féligstruktúrált mélyinterjúk keretében a következő eredményeket mutatta:

- az egyes projektek résztvevői között megjelenik az együttműködés kockázat, ami az építőipari produktumok esetében eltérően változhat;
- jól látszik kirajzolódni az egészségügyi kockázat, ami szintén eddig nem ismert és nem vizsgált új beruházási tényezőként jelenik meg;
- valamint az információkockázat, amely okainak feltárása a további kutatómunka feladatai lesz.

4. Összefoglalás

Összességében elmondhatjuk, hogy a kutatás időszerű, mert a gazdasági hatások átrendeződésével újabb lehetőségek nyílnak meg az építészeti és beruházási szektor szereplői előtt. A tényezőket feltárva jelenleg nyolc csoportra bontottuk a kockázati dimenziókat. Jelen publikációnk része egy összetett több lépcsős kutatási folyamatnak, ami jelenleg a primer kutatási fázis kvalitatív részét jelenti. Célunk a kvalitatív eredményeink kvantifizálása a jövőben. Jelen kutatási fázisunkban kezdenek kirajzolódni és deffiniálhatóvá válni azok a további építőipari beruházási projektfolyamatok, amik meghatározzák az észlelt illetve rejtett projektkockázatok dimenzióit.

Ezek közül a faktorok közül sikerült újabb három nagy csoportot feltárni, melyet jelen publikációnkban ismertettünk. Ezek a tényezők a beruházási folyamatban résztvevő szolgáltatói, és szolgáltatást igénybevevői oldalát egyformán érintik. Jelenlegi eredményeink alapján kutatásunk-at tovább folytatjuk.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] A. Csiszárik-Kocsir, M. Fodor, A. Medve: *The Hungarian youngsters attitude towards the financial decisions based on a questionnaire research*, The Macrotheme Review: A Multidisciplinary Journal Of Global Macro Trends 2:(5) 47-57, 2013.

[2] FHB Lakásindex: http://goo.gl/oNR1du (Letöltés ideje: 2015.02.06.11:11)

[3] Görög M., Pupos T, Tóth T.: *A tervek kidolgozásának általános elvei és metodikai kérdései* In: Tóth T, Cser J (szerk.) Területi és projekttervezési ismeretek. 188 p., Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 2007, (ISBN:978-963-9732-77-3)

[4] Kozma T., Gyenge B.: *Minőségirányítási rendszerek a gazdaságban - képesítő kritérium vagy működést támogató eszköz*, CONTROLLER INFO II., Budapest, 2014, (4), 14-19.

[5] Szilágyi, T. P., Medve, A., Tóth, T.: *Beruházási folyamatvizsgálat a megrendelői döntéshozataltól a megvalósulásig* In: Nagy, I. Z. (szerk.) Vállalkozásfejlesztés a XXI. században III.: tanulmánykötet. 260 p., Óbudai Egyetem, Budapest, 2013.,53-72. (ISBN:978-615-5018-61-9)

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 291–294. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.65
http://hdl.handle.net/10598/28668

A MŰSZAKI ÖRÖKSÉG TÁRGYI ÉRTÉKEINEK ELEMZÉSE AZ IDEGENFORGALOMBAN VALÓ HASZNOSÍTÁS ÉRDEKÉBEN

THE ANALYSIS OF THE TECHNICAL HERITAGE WITH THE PURPOSE OF ITS TOURISTIC EXPLOITATION

Talpas János

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, 400006 Kolozsvár/Cluj-Napoca, Str. Clinicilor Nr.5–7. talpasjanos@gmail.com

Abstract

The material value of the technical heritage occupies in the economical development a role of increasing importance. Therefore presentation and popularization of the technical heritage becomes an important instrument of the economic development. It is a well-known fact that people appreciates a given object in different manner. The present study tries to build up a scale of values from the point of view of the tourism and related services. This will be a useful instrument of decision in emphasizing and restauration of those objects of technical heritage that could be attractive for the large public .The analysis is built on secondary research resources and contains both theoretical and practical elements. Theoretical analysis is completed with a case study.

***Keywords**: tourism, attraction, decision, case study.*

Összefoglalás

A műszaki örökség tárgyi értékei egyre hangsúlyosabb helyet foglalnak el a gazdasági fejlődésben. A gazdasági fejlődés érdekében fontos a műszaki örökségek megjelenítése, ismertetése a nagyközönség számára. Minden ember másképpen értékel egy tárgyat. Jelen tanulmány megkísérel egy értékrendet felállítani az idegenforgalom szemszögéből. Ennek az értékrendnek a célja: segítséget nyújtani azon technikatörténeti tárgyak kiemelésére és felújítására, melyek vonzók a látogatók számára. Az elemzés elméleti és gyakorlati elemeket tartalmaz, szekunder kutatási formára épülve. Az elméleti elemzést egy esettanulmány egészíti ki.

***Kulcsszavak:** idegenforgalom, attrakció, döntés, esettanulmány.*

1. Bevezetés

Az ember alkotta tárgy akkor válhat idegenforgalmi attrakcióvá, ha öt feltételt tejesít: legyen különleges funkciója, legyen egyedi, legyen egyénisége, legyen régi [1]. Ötödikként, de nem utolsóként igen fontos a tárgy helyének a szerepe, melynek jelentőségét egy korábbi tanulmány tartalmazza [2]. A műszaki örökségvédelem projekt keretében feltárt régi tárgyak elemzésénél a technikai tulajdonságainak leírására összpontosítottunk. A technikai kritérium „*az a feladat, melyre a terméket tervezték*” [3]. A tárgyaknak az idegenforgalmi attrakció szerepe nem csak ezektől a tulajdonságoktól függ, nagyon lényeges a pszichológiai

hatásuk is. A következőképpen utalnak a szakemberek a tárgyak pszichológiai hatására: *„A bemutatásra kerülő pszichológiai tételek és feltevések a környezeti és a kognitív pszichológiai témakörben tartoznak”* [4]. Jelen tanulmányban eltekintettem a pszichológiai aspektustól, hogy minél átláthatóbbá váljon a tárgynak az idegenforgalomhoz és technikatörténethez kapcsolódó tulajdonsága. Az elemzés megkísérel egy idegenforgalmi értékrendet kialakítani a céltárgyak között. Az elméleti elemzést egy esettanulmány egészíti ki.

2. Értékelési tényezők elemzése

A turizmus nemzetközi szervezeteinek jelentései és a témával foglalkozó szakértők véleménye szerint napjainkban inkább érezhető a kulturális élmények iránti kereslet [5]. Az értékelési tényezőt a fent említett öt tulajdonság alapján választottam ki. Az értékelésnél 1–25 közötti pontozási értékrendszert alkalmaztam. A pontozási érték alapjául a Bukaresti Turisztikai és Fejlesztési Intézetben (INCDT) kidolgozott, a turisztikai országos területfejlesztési pontozási rendszert választottam [6].

Az elemzésre kerülő tárgyak tulajdonságait alapul véve, ezeket maximálisan 25 pontszámra lehet értékelni. Ezen pontszámok eloszlása az egyes tulajdonságok megítélésében a következőek:

- egyediség 8 pont;
- különleges funkció 5 pont;
- egyéniség 4 pont;
- régiség 4 pont;
- hely 4 pont.

2.1. Egyediség

Egy tárgyról akkor állíthatjuk, hogy egyedi, ha olyan tulajdonsággal rendelkezik, ami más tárgyra nem jellemző. Nagyon kevés a valószínűsége annak, hogy olyan tárgyakat találjunk, mely a fenti követelményt teljes egészében teljesíti. Az egyediséget területi érdekeltség alapján osztályozhatjuk:

1. Helyi (2 pont);
2. Megyei (4 pont);
3. Regionális (6 pont);
4. Országos (8 pont).

Mivel a pontok maximális értéke 8 lehet, az országos jelentőségű tárgyak kapják e rendszerben a legnagyobb pontszámot.

2.2. Különleges funkció

A tárgyak a legtöbb esetben a mindennapi életünknek része. A funkcionalitás a tárgyaknak a felhasználtságát igazolja. Ahhoz, hogy ezek a tárgyak idegenforgalmi attrakcióvá váljanak, funkcionalitás szerint a következő értékrendben pontozhatók:

1. Helyi értéket képviseljen (2 pont);
2. Működjön (1 pont);
3. Látványos legyen (1 pont);
4. Működése ne legyen hagyományos (1 pont).

A különleges funkció elemzés esetében a pontok összeadódnak.

2.3. Egyéniség

Az egyéniség szót a Révai Nagy Lexikon a következőképpen adja meg *„az egyes emberek egyszeri, sajátosan rájuk jellemző tulajdonságainak összessége”*. A tulajdonság a tárgyak esetében is érvényes. A tárgyak egyéniségének az értékrendje kizárólag szubjektív döntés eredménye lehet. A tárgyak egyénisége a személyre tett hatása alapján mérhető. Három kategóriába csoportosíthatjuk a tárgy egyéniségét:

1. Megtekintése után is beszélünk róla és/vagy mondák legendák fűződnek hozzá (4 pont);
2. Megtekintésekor leköti a figyelmünket (2 pont);
3. Megnézzük, de közömbös számunkra a tárgy (1 pont).

2.4. Régiség

A régiség jellemezhető, mint időben fennmaradt régi tárgy, avagy emlék. A tárgyak régiség alapján való értékeléséhez a következő pontrendszert használhatjuk:

1. A régiségét írásos dokumentum bizonyítja (4 pont);
2. A régisége szóbeszéddel bizonyítható (2 pont);
3. A régisége meghatározatlan jellegű (1 pont).

A régiségi pontszám maximális értéke 4.

2.5. Hely

A tárgyak akkor jelentenek igazán idegenforgalmi attrakciót, ha a megfelelő helyen a megfelelő személyeknek mutatjuk be. Itt három lehetséges állapotot különböztetünk meg:

1. A tárgy az eredeti helyén található (4 pont);
2. A tárgy más funkciót tölt be, mint az eredeti rendeltetése (3 pont);
3. A tárgy helye véletlenszerű (1pont).

A hely pontozása esetében is a maximális elérhető pontszám 4 lehet.

2.6. Az elemzés kiértékelése

Az elemzéskor adott értékeket táblázatba írjuk. Az elért összeg a tárgynak az idegenforgalmi attrakcióként betölthető szerepét fejezi ki.

A végleges pontszám minél közelebb helyezkedik el a maximális 25 ponthoz, a tárgy idegenforgalmi vonzerő értéke annál nagyobb.

3. Esettanulmány

Esettanulmányként a kidei idegenforgalomba bevonható, egy kertben található malomkövet elemeztem. A malomkő egy helyi lakos tulajdona, hasznosítási célja nem meghatározott.

Az elemzés lépései.

1. **Egyedisége.** A malomkő valamikor a helyi malom egyikében működött. A környéken több malom működött, melyekben hasonló kövek zúzták a búzát. A környéken, más településeken is találhatunk malomkövet. Ezért ez a malomkő csak helyi egyediséget képviselhet (1 pont).
2. **Különleges funkció.** Ez a malomkő a helyi lakosok számára egy emlék. Mondhatjuk, hogy egy helyi értéket képvisel (2 pont). A kertben egy kőnek támasztva nem működhet, és mint ahogyan az **1. ábrá**n megfigyelhető, nem is annyira látványos.
3. **Egyéniség.** Szomorú, de amikor megtekintettük sajnálkozva beszéltünk róla. Mindenki egyetértett azzal, hogy jó volna munka közben látni a malomkövet. Munka közben biztosan több egyéniséget sugározna ez a tárgy (1 pont).
4. **Régiség.** Megkérdezve a malomkerék tulajdonosát, azt állította, hogy ez a hajdani Nyirő-malom malomköve, de írásos dokumentum nincs róla (2 pont).
5. **Hely.** A malomkövek igazi helye nem a kert. A mi esetünkben semmilyen funkciót nem tölt be a tárgy, a helye véletlenszerű (1 pont).

1. ábra. *A tanulmányozás tárgya, a kidei malomkő*

A tanulmányozott malomkő összpontszáma 7 pont (**2. ábra**), így csak idegenforgalmi adottsági funkciója van (hiszen nagyon távol áll a 25 ponttól). Anyagi befektetésre és munkára volna szükség ahhoz, hogy ebből a tárgyból idegenforgalmi attrakciót hozzunk létre.

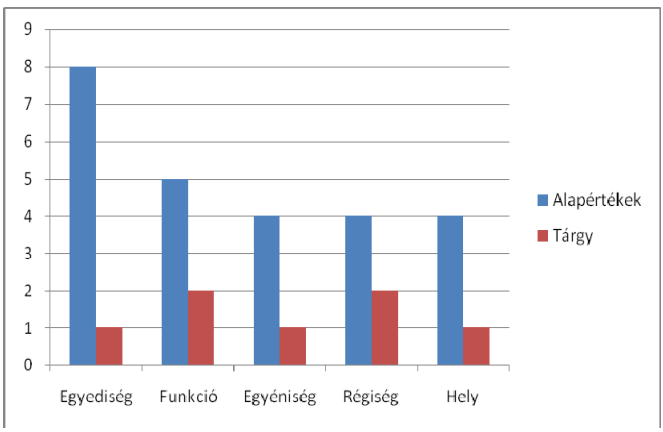
Szám	Tárgy	Egyediség	Funkció	Egyéniség	Régiség	Hely	Összesen
1	malomkő	1	2	1	2	1	**7**

2. ábra. *Értékelési tényezők pontozási táblája*

4. Következtetések

Nehéz eldönteni, hogy érdemes-e egyes tárgyakat bevonni vagy nem az idegenforgalomba. A kialakított pontozási rendszer alkalmazása egy útmutató lehet ezen a téren. Az öt tulajdonság, melyet vizsgáltunk kifejezheti a műszaki örökség tárgyi értékét az idegenforgalomba való hasznosítása érdekében. Ha grafikusan ábrázoljuk az eredményeket, nagyon gyorsan kimutatható a vizsgált tárgynak az idegenforgalomban való hasznosítási lehetősége.

A **3. ábra** vizuálisan jól érzékelteti a tanulmányozott tárgy értékelési különbségeit a maximális ponthatárokhoz képest. A grafikonon az is látható, melyek azok a tulajdonságok, melyek a leginkább javításra szorulnak. Az esettanulmány révén, megállapítható, hogy a választott tárgy (a malomkő), még mesze áll attól, hogy idegenforgalmi attrakcióként hasznosíthassuk.



3. ábra. *A tárgyi tulajdonságokat bemutató grafikon*

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Cocean Pompei, Vlăsceanu Gheorghe, Negoiescu Bebe: *Geografia generală a turismului.* Meteor Press, Bukarest, 2003. 105.

[2] Talpas János: *Műszaki alkotások megőrzése az idegenforgalom fejlesztésével.* Műszaki tudományos közlemények, EME kiadó, MTK 2. sz. Kolozsvár, 2015.

[3] Izsó Lajos-Becker György: *Termékélmény*. Akadémiai kiadó, Budapest, 2011. 187.

[4] Puczkó László, Rátz Tamara: *Az attrakciótól az élményig.* Akadémiai kiadó, Budapest, 2011. 98.

[5] Michalkó Gábor: *Turizmológia*. Akadémiai kiadó, Budapest, 2012. 184.

[6] *Plan de amenajare teritorială națională de turism*. Legea 190/2009.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 295–298. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.66
http://hdl.handle.net/10598/28640

AUTÓIPARI BESZÁLLÍTÓK ÉRTÉKELÉSI LEHETŐSÉGEI

OPPORTUNITIES OF AUTOMOTIVE SUPPLIERS EVALUATION

Tóth Georgina Nóra[1], Drégelyi-Kiss Ágota[2]

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag és Gyártástechnológiai Intézet, 1081 Budapest Népszínház utca 8., Telefon: +36-1-6665339

[1] *toth.georgina@bgk.uni-obuda.hu*

[2] *dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

The evaluation and selection of automotive suppliers is complex. It is necessary to create a unified system of essentials related to the safety risk of automotive suppliers. We have made a model of the automotive suppliers' evaluation. We would like to show this model in this article.

Keywords: *supply chain, automotive suppliers, model of the evaluation, criteria, scales of evaluation.*

Összefoglalás

Az autóiparban működő beszállítási láncok szereplőinek értékelése több szempont alapján történik. Alapvetően nem mindegy, hogy az egyes láncok végfelhasználói (OEM) milyen többletkövetelményeket alkalmaznak és várnak el a beszállítóiktól. Az értékelés során az autóipari többletkövetelmények mellett további tényezők is megjelenhetnek. Szeretnénk egy egységes, a vevő számára is kellő információt szolgáltató beszállítói értékelési modellt bemutatni.

Kulcsszavak: *autóipari beszállítók, értékelési modell, szempontrendszer, értékelési skálák.*

1. Az autóipari beszállítók értékelésének jelentősége

Az autóipari beszállítók hazánkban a gazdasági válság hatására nehéz helyzetbe kerültek. A megrendelések megszerzéséért komoly verseny indult. Egy beszállító több beszállítói lánc különböző szintű szereplőjeként is megjelenhet. A beszállítók értékelésének megkönnyítése érdekében szeretnénk kidolgozni egy jól alkalmazható modellt.

1.1. Autóipari beszállítók értékelési szempontrendszere

Az értékelési szempontrendszer kialakítása során figyelembe vettük az autóipari többletkövetelményeket valamint megkérdeztük a beszállítói lánc tagjainak véleményét is. A felmérés még folyik, de a jelenlegi adatok alapján is már kiegészítettük a korábban bemutatott szempontrendszert. [1]

A kérdőíves megkérdezéseket követően a továbbiakban szeretnénk összefoglalni a javasolt változtatásokat valamint bemutatni

az autóipari beszállítók értékelésére kidolgozott modellt.

A szempontrendszer kialakítása során összesen 14 kategóriát határoztunk meg. Kategóriánként több szempontot is figyelembe vettünk, mint ahogy az korábbi publikációnkban olvasható.

Az értékelés matematikai modelljének kidolgozása során egyértelművé vált, hogy az értékelési szempontok nem egyformán fontosak a vevő számára. A meghatározott kategóriák két fő csoportba sorolhatóak. Az egyik a Kritikus szempontokat tartalmazó csoport, a másik a Kiegészítő információkat tartalmazó csoport. A modell felépítése során a hierarchikus struktúrát találtuk a legcélravezetőbbnek.[2] Az értékelés során a két csoport tagjainál más és más metódust alkalmazunk. Ennek az a célja, hogy az értékelés során nagyon hamar egyértelműen kiderüljön, hogy a vevő számára legfontosabb jellemzők alapján egyáltalán alkalmase az adott vállalat, hogy beszállítóvá váljon.

A felmérések alapján a kritikus csoportba 5 kategória kerül a Gyártási/Szállítási rugalmasság, a Minőség, a Szállítás, a Költségek és a Környezetvédelem. A további 9 kategória (Működésfolytonosság, Természeti csapások, Technológia, Működési veszélyek és kockázatok, Információbiztonság, Biztonsági berendezések telepítése, cseréje, Hírnév, presztízs, Külső tényezők a szervezet szabályozásában, mint a hibák kívülről igénybevett berendezésekben és szolgáltatásokban, Vállalat működésének külső környezeti tényezői) az Értékelést kiegészítő csoportba került. Később az utóbbi csoport kiegészült egy tízedik kategóriával.

Kérdőíves felmérés eredményeként több javaslat is érkezett a szempontrendszer kiegészítésére vonatkozóan, ezeket szerettünk felsorolni, megnevezve a kategóriákat is.

- Kommunikáció (Szállítás);
- Állandó minőségi szint (Gyártási/Szállítási rugalmasság);
- Minőség és karbantartási költségek (Költségek);
- Fagy/Hó (Természeti csapások).

Továbbá még egy új kategória jelent meg a MEBIR, amely az Értékelést kiegészítő csoportba került.

Az így kiegészített szempontrendszer alapján a modellt a következőképpen képzeltük el.

2. Az autóipari beszállítók értékelésére kidolgozott modell bemutatása

A kritikus csoportba tartozó kategóriák esetében nagyon fontos, hogy ha valamelyik szempont alapján egyáltalán nem megfelelő, tehát 0 pontra értékelhető a beszállító, akkor ez az érték meghatározó legyen az értékelés folyamán. Úgy véljük meg kell adni a vevő részére a lehetőséget, hogy minél árnyaltabban értékelhesse potenciális vagy tényleges beszállítóját az egyes szempontok alapján. Így szükségesnek tartjuk az öt fokozatú skála alkalmazását, ugyanakkor az értékelés során, amennyiben az adott beszállító, adott szempont szerint nincs elfogadható szinten a vevő számára, akkor lehetőség van 0 pont adására. Így az értékelési pontskála 0-4 pont. A kategóriákban több szempont található. Az egyes szempontokra adott pontértékeket összeszorozva kapjuk meg a kategória pontszámát, amely j db szempont esetén $0\text{-}4^j$ közötti értéket vehet fel. [3]

1.táblázat *Struktúra és jelölések*

	Beszállító értékelése során kapott eredmények Kritikus csoport: $\mathbf{K_{krit}}$, Értékelést kiegészítő csoport: $\mathbf{K_{kieg}}$																						
Cso-portok	Kritikus csoport (x)												Értékelést kiegészítő csoport (y)										
Kate-góriák **(x_i /y_i)** **Súly-számok**	x_1				x_2			. .	x_i				y_1 W_{y1}				y_2 W_{y2}			. .	y_l W_{yl}			
Szem-pontok	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	..	$x_{1,n}$	$x_{2,1}$	..	$x_{2,n}$	..	$x_{i,1}$	..	$xi_{,n}$		$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	..	$x_{1,m}$	$x_{2,1}$	..	$x_{2,m}$	..	$x_{l,1}$	..	$x_{l,m}$
Pont-számok (0-4)	$p_{1,1}$	$p_{1,2}$	..	$p_{1,n}$	$p_{2,1}$	..	$p_{2,n}$	..	$p_{i,1}$	..	$p_{i,n}$		$p_{1,1}$	$p_{1,2}$	..	$p_{1,m}$	$p_{2,1}$	..	p_{2m}	..	$p_{l,1}$	..	$p_{l,m}$

ahol,

i-a kategóriák száma az x csoportban,

l-a kategóriák száma az y csoportban,

n-az adott kategóriában található szempontok darabszáma az x csoportban,

m-az adott kategóriában található szempontok darabszáma az y csoportban,

C_{yk}- az Értékelést kiegészítő csoport k.kategória pontszáma az y csoportban,

$p_{l,k}$ - l.kategóriában található k.szempont az y csoportban,

W_l- l.kategória súlyszáma.

Jelöljük a kritikus csoport kategóriáit rendre $x_1,x_2,\ldots,x_i$-vel (i=1,…,5). Az egyes kategóriák szempontjainak jelölése rendre: $x_{11},x_{12},\ldots,x_{ij}$ (ahol j=1,…,n a kategóriában található szempontok sorszáma). Jelöljük p_{ij}-vel a szempontok szerint adható pontértékeket (ahol i=1,…,5 a kategóriák sorszáma és ahol j=1,…,n a kategóriában található szempontok sorszáma), amelyeknek felvehető értékei 0-4 pont. A kategória pontszáma (C_{xi}) kiszámítható a következő összefüggéssel:

$$C_{xi} = \prod_{j=1}^{n} p_{i,j}, \quad \text{ahol} \qquad (1)$$

C_{xi}- a kritikus csoport kategóriáinak pontszáma,

$p_{i,j}$- i. kategóriában található j. szempont pontszáma,

n- az adott kategóriában található szempontok darabszám.

A kapott értékeket konvertáljuk egy skálára [0;45]. Ehhez végezzük el a következő műveletet minden kategória esetén:

$$T_i = C_{xi} \cdot \frac{4^5}{4^n}, \qquad (2)$$

ahol,

T_i- a kategória transzformált értéke,

C_{xi}- a kritikus csoport kategóriáinak pontszáma

n-az adott kategóriában található szempontok darabszáma.

Mivel a kapott értékeink igen széles skálán mozognak, így a további számítások egyszerűsítése érdekében besorolást végzünk. Így sajnos veszítünk bizonyos menynyiségű információt, azonban egyszerűsödik az értékelés.

A besorolás elvégzéséhez a következő táblázatot használjuk:

2. táblázat *Besorolási intervallumok*

Intervallumok	Pontszámok (B_i)
[0;4]	0
]4;4^2]	1
]4^2;4^3]	2
]4^3;4^4]	3
]4^4;4^5]	4

Ezt követően határozzuk meg Kkrit értékét, amely a csoport pontszáma lesz.

$$K_{krit} = \prod_{i=1}^{5} B_i, \text{ ahol} \qquad (3)$$

B_i-a besorolási érték.

A kapott érték 0 és 45 közötti értéket vehet fel. A vállalat ezt követően eldöntheti, hogy a beszállítókra vonatkozóan mennyire szigorú követelményeket szeretne megadni a kritikus jellemzők esetében. Nagy segítségére lehet, ha ezt a modellt alkalmazza, hogy bármely szempontból amennyiben a beszállító elfogadhatatlan a vevő számára, akkor a K_{krit} =0 értéket vesz fel. Itt nem alkalmaztunk súlyozást, mivel a kritikus szempontok mindegyikét egyformán fontosnak ítéljük a vevő szempontjából.

A kiegészítő információkat tartalmazó csoport esetében a számítás lényegesen egyszerűbb. Ebben az esetben az egyes kategóriákhoz súlyszámokat rendelünk (W_{yi}).

Először a kategóriákhoz tartozó pont átlag értékeit számítjuk ki:

$$C_{yl} = \sum_{k=1}^{m} p_{l,k}, \qquad (4)$$

ahol,

m-az adott kategóriában található szempontok darabszáma,

C_{yk}- az Értékelést kiegészítő csoport k. kategória pontszáma

$p_{l,k}$- l. kategóriában található k. szempont pontszáma

Ezt követően határozzuk meg K_{kieg} értékét a következő képlettel:

$$K_{kieg} = \frac{\sum_{l=1}^{m} W_l \cdot C_{yl}}{\sum_{l=1}^{m} W_l}, \qquad (5)$$

ahol,

m-az adott kategóriában található szempontok darabszáma,

C_{yk}- az Értékelést kiegészítő csoport k. kategória pontszáma,

W_l- l. kategória súlyszáma

3. Következtetések

A dolgozatban röviden szerettünk volna az olvasónak betekintést nyújtani jelenleg az autóipari beszállítókkal kapcsolatos kutatásunkba. Célunk egy használható, beszállítói értékelést megkönnyítő illetve lehetővé tevő modell kidolgozása. A dolgozatban az általunk kidolgozott modellt mutattuk be. A későbbiekben a bemutatott modellre vonatkozóan további vizsgálatokat végzünk.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Tóth Georgina Nóra, Drégelyi-Kiss Ágota: *Autóipari beszállítói lánc kockázatelemzési szempontrendszere*, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XIX:: Nemzetközi Tudományos Konferencia. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2014. pp. 409-412.

[2] Pokorádi László: *Logical Tree of Mathematical Modeling Theory andAapplications of Mathematics & Computer Science* 5:(1) pp. 20-28. (2015)

[3] Horváth Zsolt: *Beszállítói értékelés – egyszerűen és újszerűen* (2012, May 23), (http://www.minosegdoktorok.hu/blog/beszallitoi_ertekeles_%E2%80%93_egyszeruen_es_ujszeruen)

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 299–302. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.67
http://hdl.handle.net/10598/28642

FOSZFOR ALAPÚ ÉGÉSGÁTLÓKKAL ELLÁTOTT, SZÉNSZÁL ERŐSÍTÉSŰ KOMPOZITOK ÉGHETŐSÉGI ÉS MECHANIKAI VIZSGÁLATA

MECHANICAL AND FLAME RETARDANT FEATURES OF CARBON FIBRE REINFORCED COMPOSITES WITH PHOSPHORUS BASED FLAME RETARDANTS

Tóth Levente Ferenc

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., levente8912@gmail.com

Abstract

In our research carbon fibre reinforced composites were made with AP422 and RDP flame retardant substance. Their mechanical features were measured with tensile and three-point bending tests. To compare the flame retardancy of the samples UL94 and LOI investigation were applied. The flame retardancy and mechanical features of carbon fibre reinforced composites were examined in function of the type and the concentration of the applied fire retardant substance.

***Keywords**: composite, carbon fiber, flame retardant, LOI, UL94.*

Összefoglalás

Kutatómunkánk során szénszál erősítésű, AP422 és RDP égésgátlóval ellátott kompozitokat készítettünk el. Megmértük a minták mechanikai jellemzőit szakító-, és hárompontos hajlító vizsgálatokkal. A kompozitok éghetőségének összehasonlításához UL94 és LOI vizsgálatot alkalmaztunk. A próbatestek éghetőségi és mechanikai jellemzői a felhasznált égésgátló adalékanyagok típusának és koncentrációjának függvényében lettek vizsgálva.

***Kulcsszavak:** kompozit, szénszál, égésgátló, LOI, UL94.*

Rövidítések

E: epoxi
EH: epoxi + hagyományos szénszál
EHAP1: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)
EHAP2: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)
EHAP3: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)
EHAP4: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 4 m/m% foszfort tartalmaz)
EHAP5: epoxi + hagyományos szénszál + AP 422 égésgátló (a minta 5 m/m% foszfort tartalmaz)
EHF1: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)
EHF2: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)

EHF3: epoxi + hagyományos szénszál + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)
EF1: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 1 m/m% foszfort tartalmaz)
EF2: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 2 m/m% foszfort tartalmaz)
EF3: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 3 m/m% foszfort tartalmaz)
EF4: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 4 m/m% foszfort tartalmaz)
EF5: epoxi + folyadék (RDP) égésgátló (a minta 5 m/m% foszfort tartalmaz)

1. Bevezetés

Kutatásunk során kétféle égésgátolt adalékanyaggal (AP 422 és RDP) ellátott mintákat hasonlítottunk össze egymással. Az AP 422-vel ellátott próbatestek esetén a foszfortartalmat 1 és 5 m/m% között változtattuk, míg az RDP-t tartalmazóknál 1 és 3 m/m% között. Ennek az oka, hogy az RDP folyadékkal égésgátolt mintáknál a 4, illetve 5 m/m% foszfort tartalmazó kompozitok használatra alkalmatlanok voltak, mivel kézzel könnyedén hajlíthatónak bizonyultak. Ennek oka, hogy ezeknél a mintáknál az ekkora foszfortartalom biztosításához a gyantához képest 40 vagy 50 m/m% inert folyadékot kellett a mátrixanyaghoz kevernünk, amely jelentős lágyító hatással bír.

2. Felhasznált anyagok

Mátrixanyagként MR-3012 típusú epoxi gyantát használtunk, amelyhez MH-3111 típusú térhálósítószert kevertünk.

Erősítőanyagként unidirekcionális Zoltek Panex 35 UD300 kötött kelmét alkalmaztunk, ezt nevezzük a továbbiakban hagyományos szénszálnak.

Ammónium-polifoszfát (Exolit AP 422) égésgátló adalékanyag, amely 32 m/m% foszfort tartalmaz, gyártója a Clariant International Ltd [1].

Reofos RDP (rezorcin bisz (difenilfoszfát), F), folyékony halmazállapotú égésgátló adalékanyag, ami 10 m/m% foszfort tartalmaz, gyártója a Chemtura Corporation [2].

Az égésgátló adalékanyagokkal kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy az egyes mintákhoz annyi égésgátlót tettünk, hogy a szükséges foszfor tartalmat biztosítani tudjuk. Tehát például EF2 minta esetén (folyékony halmazállapotú égésgátlóval (RDP) ellátott epoxi gyanta 2 m/m% foszforral) a gyantához 20 m/m% égésgátlót adtunk.

3. Sűrűség és száltartalom vizsgálat

Összesen 9 típusú UD erősítőanyaggal ellátott minta sűrűségét és száltartalmát mértük meg, amiket az **1. táblázat** mutat be.

A sűrűség minden minta esetében 1,479 és 1,536 g/cm3 közötti értéket vett fel. A térfogatszázalékban kifejezett száltartalom értéke 43,86 V/V% és 49,95 V/V% között mozog minden minta esetében.

1. táblázat. *Az elkészített kompozitok sűrűsége és térfogatban kifejezett száltartalma*

Típus	Sűrűség	Száltartalom
EH	1,527	49,56
EHAP1	1,526	47,74
EHAP2	1,522	46,91
EHAP3	1,479	43,86
EHAP4	1,547	46,73
EHAP5	1,536	44,18
EHF1	1,516	46,00
EHF2	1,556	49,95
EHF3	1,500	44,72

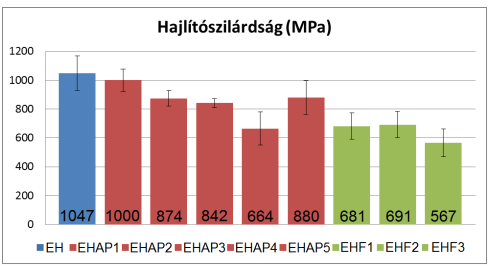
4. Statikus vizsgálatok

Statikus vizsgálatnak összesen kilenc különböző mintát vetettünk alá, a mérések célja, hogy a két égésgátló adalékanyagnak a kompozitok mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását felderítsük.

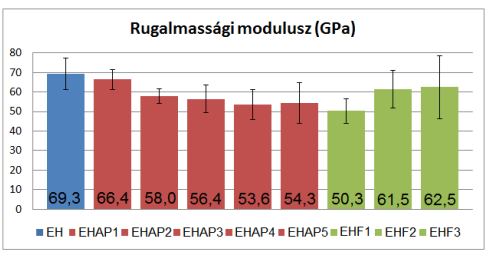
4.1. Hárompontos hajlító vizsgálat

A hajlítószilárdság mind RDP, mind APP égésgátló esetében csökkenő tendenciát mutat, az EHAP5 és EHF3 minták hajlí-

tószilárdságának esése az EH referenciához képest rendre 16 és 46%. Ennek magyarázata, hogy az égésgátlók hibahelyként vannak a gyantarendszerben, így gyengítik a minták mechanikai tulajdonságait. Mindkét típusú adalékanyag hozzáadásával nő a próbatestek deformálhatósága, ezt a minták rugalmassági moduluszának csökkenéséből láthatjuk. A minták hajlítószilárdságait és rugalmassági moduluszukat az **1.** és a **2. ábra** mutatja be.



1. ábra. *Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták hajlítószilárdsága*

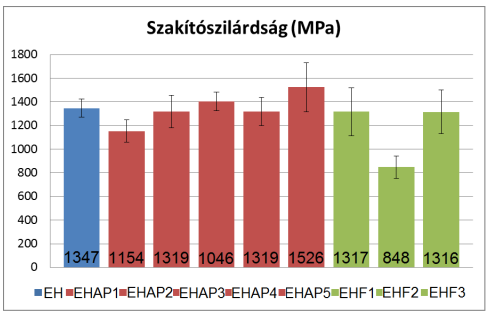


2. ábra. *Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták rugalmassági modulusza*

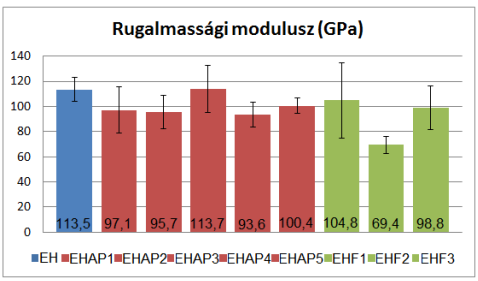
4.2. Szakító vizsgálat

A szakító vizsgálatot video extenzométeres nyúlásméréssel végeztük el. A minták szakítószilárdsága jellemzően nem változott, a különbségek többsége szóráshatáron belül mozgott. Az égésgátolt minták rugalmassági modulusza viszont itt is csökkent a referencia EH típusú kompozithoz képest, de az égésgátlók fajtája és koncentrációja nem befolyásolja jelentősebben.

A minták szakítószilárdságait és rugalmassági moduluszukat a **3.** és a **4. ábra** mutatja meg.



3. ábra. *Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták szakítószilárdsága*



4. ábra. *Az égésgátló adalékanyaggal ellátott minták rugalmassági modulusza*

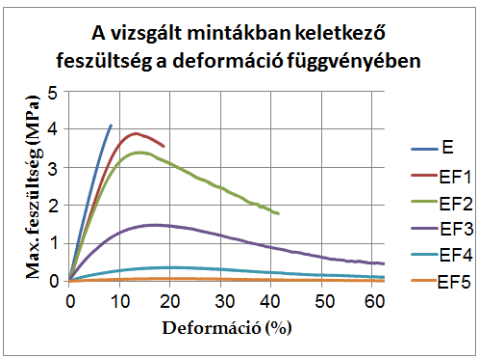
4.3. Folyékony égésgátlóval (RDP) ellátott gyanták összehasonlítása hárompontos hajlító vizsgálattal

A vizsgálat során folyékony halmazállapotú RDP égésgátlóval ellátott 1, 2, 3, 4, 5 m/m% foszfort tartalmazó epoxigyanták lettek összehasonlítva az égésgátló adalékanyagot nem tartalmazó referencia epoxigyantával.

Csak az E, EF1 és EF2 jelű minták törtek el hajlításkor, a 3 vagy több m/m% foszfort tartalmazók nem. Az EF4 és EF5 jelű mintáknál kézzel hajlítva is egyértelműen tapasztalható volt, hogy gumiszerűen viselkedtek. A vizsgálatot úgy végeztük el, hogy a minták maximum 40 mm deformációját engedje meg a rendszer (ez jóval na-

gyobb, mint a határhajlító feszültségnél fellépő deformáció, azonban így lehetőség volt a nagy lehajlást elviselő gyanták jobb összehasonlítására), az alátámasztási hosszt 64 mm-re állítottuk.

Az E, EF1, EF2, EF3, EF4 és EF5 mintáknál a maximális feszültség rendre 4,1; 3,9; 3,4; 1,5; 0,4 és 0,1 MPa, míg az E, EF1 és EF2 elnevezésű próbatesteknél a törés rendre 8,3; 18,7 és 41,4% deformációnál következett be. Az EF3, EF4 és EF5 jelzésű minták pedig nem törtek el, a 40 mm-re beállított maximális deformációt elérték. Ez azt jelenti, hogy 40/64, vagyis 0,625 – 62,5% - deformációt szenvedtek el. A hajlítási görbéket az **5. ábra** szemlélteti.



5. ábra. *Az RDP égésgátlóval ellátott minták hajlítási görbéi*

5. Éghetőségi vizsgálatok

5.1. UL94 vizsgálat

A 2. táblázatból látható, hogy az RDP égésgátló minden vizsgált mintája HB besorolást szerzett, viszont az AP 422 4 és 5 m/m%-os mintája V-0 kategóriába került.

Egyik minta sem égett csöpögve, nem gyújtotta meg az alatta elhelyezett vattát.

5.2. LOI vizsgálat

RDP égésgátló adalékanyaggal ellátott minták esetében a **2. táblázat**ból jól látható, hogy az oxigénindex már 2 m/m%-nál is elérte a 42 V/V%-ot, amit a koncentráció további növelésével sem lépett túl.

Az AP 422-vel ellátott minták esetében kimondható, hogy jelentős javulást csak a 4, illetve 5 m/m%-nál lehetett elérni (38 V/V%), de ez sem közelíti meg a minimum 2m/m%-os RDP égésgátlóval ellátott minták eredményeit.

2. táblázat. *UL94 és LOI vizsgálat eredményei*

Típus	UL94 fokozat	Oxigén index (V/V%)
EH	HB	33
EHAP1	HB	34
EHAP2	HB	35
EHAP3	HB	36
EHAP4	V-0	38
EHAP5	V-0	38
EHF1	HB	35
EHF2	HB	42
EHF3	HB	42

6. Következtetések

Az AP 422 és RDP égésgátlók hatására a szakítószilárdság jelentősen nem változott, a hajlítószilárdság csökkenő tendenciát mutat mindkét égésgátló koncentrációjának növelésekor. A próbatestek rugalmassági moduluszát az adalékanyagok csökkentették.

Égésgátlás szempontjából az EHAP4 és EHAP5 minták eredményei kiemelkedőek, ugyanis V-0 besorolást szereztek, és oxigénindexük 38V/V %-ot ért el. Az RDP már 2m/m %-ban 42V/V% oxigénindexet eredményezett. UL94 besorolása viszont maradt változatlanul HB.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://www.clariant.com/en/Solutions/Products/2014/03/18/16/31/Exolit-AP-422 (2015. január 11.)

[2] Szolnoki B.: Új, égésgátolt epoxigyanták és kompozitjaik kifejlesztése. PhD értekezés. BME (2014).

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 303–306. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.68
http://hdl.handle.net/10598/28643

TERMELÉSI FOLYAMATOK ANYAGELLÁTÁSI RENDSZERÉNEK SZIMULÁCIÓS MODELLEZÉSE

SIMULATION MODELING OF MATERIAL SUPPLY SYSTEMS OF PRODUCTION PROCESSES

Tóth Norbert[1], Garamvölgyi Ernő[2]

[1]*Bay Zoltán Nonprofit Kft., H-3519, Magyarország, Miskolc, Iglói út 2; notbrt.toth@bayzoltan.hu*

[2]*Bay Zoltán Nonprofit Kft., H-3519, Magyarország, Miskolc, Iglói út 2; erno.garamvolgyi@bayzoltan.hu*

Abstract

This paper introduces simulation models for analyzing of a material supply system of production and assembly processes at a manufacturing company, including the functional elements and the main parameters of the model. The developed model can be used not only for testing of different operational strategies without the modification of the real system, but also for analyzing the operation in a cost-effective and more organized way.

Keywords: *production logistics, material flow, modeling, simulation.*

Összefoglalás

A cikk egy termelő vállalat gyártási és szerelési folyamataihoz kapcsolódó anyagellátási rendszer elemzéséhez szükséges szimulációs modell elkészítését mutatja be, magába foglalva a modell funkcionális elemeit és legfontosabb paramétereit. A kidolgozott modell lehetővé teszi különböző működtetési stratégiák kipróbálását, a rendszer költséghatékonyabb és szervezettebb működtetésének elemzését a működő valós rendszer módosítása nélkül.

Kulcsszavak: *termelési logisztika, anyagáramlás, modellezés, szimuláció.*

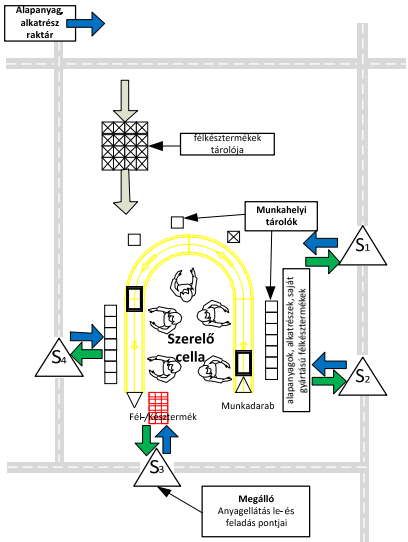
1. Bevezetés

A termelő vállalatok legfontosabb célja a vevői igények minél magasabb színvonalon történő kielégítése, amely magába foglalja a rendelések határidőre való elkészítését és megfelelő minőség biztosítását. A vállalat verseny-képességének fokozásában jelentős szerepet játszik a termelési folyamat minél hatékonyabb működtetése. A termelés hatékonyságát nagymértékben befolyá-solják a folyamatban jelentkező logisztikai tevékenységek, amelyek a gyártáshoz és szereléshez szükséges alapanyagok, alkatrészek és félkésztermékek megfelelő időpontban, mennyiségben és minőségben való rendelkezésre állását biztosítják. A hatékonyság növelését, a termelési folyamatban fellelhető veszteségek csökkentésével lehet elérni [1], amely elsősorban a produktum létrejöttéhez szükséges nonproduktív tevékenységekre irányul. Ilyen tevékenységek a logisztikai műveletek [2], amelyek számossága és ideje nem ha-

nyagolható el a tiszta gyártási (állapotváltoztató) műveletek idejéhez viszonyítva. A termelési folyamat veszteségeinek csökkentését segíti elő a vele szoros kapcsolatban álló logisztikai folyamatok hatékonyságának növelése is. A logisztikai műveleteket integráltan magukban foglaló termelési folyamatok komplex, sok paraméterrel, számos állapotjelzővel jellemezhető gyártási rendszerek vizsgálatához, optimalizálásához elengedhetetlen a termelési folyamatok számítógépes modellezése.

1.1. A vizsgált rendszer bemutatása

A cikkben egy termelési logisztikával kapcsolatos problémát mutatunk be, amelyben a termelő egységek anyagellátása került modellezésre. A termelőrendszer számos gyártó-, és szerelőcellából épül fel (**1. ábra**). A cellák együttesen több egymást követő gyártási fokozatot valósítanak meg. A cellákban különböző számú munkahelyek találhatók, ahol az egyirányú és egy munkadarabos (one piece-flow concept [3]) anyagáramlás a jellemző. A főegységbe a munkahelyi tárolókból származó alkatrészek, részegységek és saját gyártású félkésztermékek épülnek be. Az elkészült szerelvényt késztermékek vagy további beépülés esetén félkészterméknek tekintjük. A késztermékek a készáru raktárba, míg a félkésztermékek valamelyik közbenső tárolóba kerülnek további felhasználás céljából. Mivel a vizsgálat elsősorban a targoncás járatok kihasználtságára irányul a cellában zajló szerelési folyamat nem került részletes modellezésre, csupán a beépülő alkatrészek számának mennyisége vált fontossá számunkra, amelyből az alapanyagfogyás dinamikáját meg lehetett állapítani. Egy cella feldolgozhat más cellák által készített félkészterméketket is, amelyeket az egyes gyártási fokozatok között elhelyezett tárolókból kézi anyagmozgató eszközökkel szolgálunk ki, ezért ennek modellezését elhanyagoltuk.



1. ábra. *Szerelő cella anyagellátása*

Az anyagellátást targoncás milkrun járatok valósítják meg, amelyek egy üzemen belüli központi alapanyagraktárból kiindulva látják el a cellák anyag-szükségletét. A cellák anyagigénye kétféle módon kerül meghatározásra. Egyrészt KANBAN kártyák alapján kerülnek feltöltésre a munkahelyi tárolók, másrészt a cella előre – egy bizonyos időintervallumra vonatkoztatva - a saját termelési programja alapján határozza meg az alapanyagigényét (JIS ellátási stratégia szerint), így kisebb egységekben és rövidebb idő lefedésére elegendő alapanyag kerülhet kiszállításra. Ez a megoldás előnyös, hiszen a tárolóterület mérete csökkenthető, viszont csak jól szervezett, ütemes menetrendben közlekedő cellákhoz rendelt milkrun járatokkal lehet megvalósítani. A cellákhoz dedikált megállóhelyek kerültek kialakításra, ahol az alapanyag targoncáról való leadása illetve az üres göngyölegek mellett a kanban kártyák felvétele is megtörténik. Az üres göngyölegek göngyölegtárolóba kerülnek. Ezt követően a kanban kártyáknak megfelelő mennyiségű alapanyag komissiózására kerül sor, amelyet az alapanyag-ellátó jármű a következő

ütemezett indulási ciklusában szállít ki a megfelelő helyre. A szerelő cellák nagy száma miatt számos targoncás járat üzemeltetésére volt szükség. A logisztikai és anyagmozgatási költségek csökkentése érdekében elsődleges szemponttá vált ezen járatok kapacitás-kihasználtságának növelése, járatok összevonásának vizsgálata szem előtt tartva a termelés folyamatosságának és zavartalan működtetésének biztosítását.

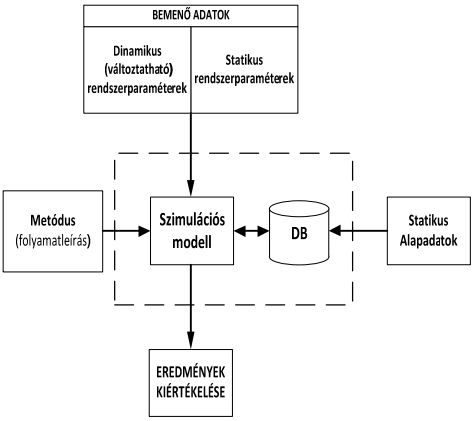
2. A modell funkcionális elemei

A vizsgált rendszer szimulációs modelljének kifejlesztését alapvetően három, egymással szoros kapcsolatban álló tevékenység jellemezte. Ezek a következők (**2. ábra**):

- A rendszer felépítése alapelemekből, a modell objektumainak és a köztük lévő anyagáramlási kapcsolatok definiálása.
- A rendszer viselkedésének kialakítása: a modell metódusai foglalják magukba azokat az eljárásokat és függvényeket, amelyeket egy-egy tevékenység vagy folyamat leképzésére alkalmaztunk.
- Megfelelő adatstruktúra kialakítása: a nagy mennyiségben rendelkezésre álló alapadatok felhasználására hatékony megoldást nyújtott a relációs adatbázis alkalmazása, a megfelelően strukturált adattáblákból való lekérdezések révén.

A felsorolt jellemzők figyelembe vették az alkalmazott *PlantSimulation* modellező szoftver sajátosságait is. A modellezett rendszer bemenő paramétereinek egy részeként megkülönböztettünk úgynevezett statikus paramétereket, amelyek értékét nem lehetett megváltoztatni, így ezen paraméterek nem képezték a vizsgálatok tárgyát:

- a cellákra vonatkozó ütemidők (takttime [4.]), átlagos átállítási idők;
- a milkrun járatok esetében az átlagos szállítási sebesség, az átlagos le- és felrakodási idők az egyes megállókban;
- vontatott kocsik átlagos maximális kapacitása;
- műszakrendek.

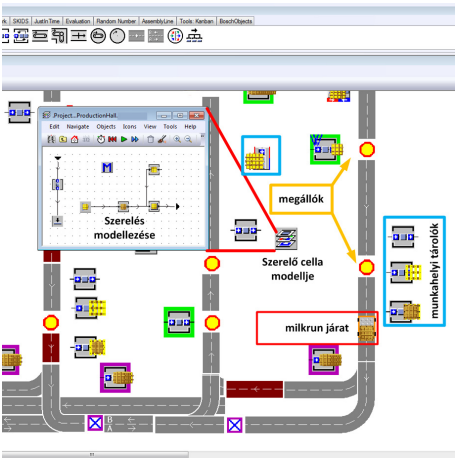


2. ábra. *Szimulációs modellhez kapcsolódó funkcionális elemek*

A bemenő paraméterek másik csoportját a változtatható (dinamikus) paraméterek adják. Értékeik változtatása hatással van a vizsgált rendszerre:

- a szükséges milkrun járatok száma;
- a vontatott kocsik megengedett maximális száma;
- a járatok ütemideje;
- a járatok útvonalának meghatározása, járatokhoz megállók rendelése,
- homogén/inhomogén járatok engedélyezése az anyagellátás során (ez a döntési változó arra vonatkozik, hogy egy milkrun járat csak a KANBAN kártyás anyagellátást láthassa el vagy egyúttal a JIS-es típusú anyagellátást is).

Az elkészült szimulációs modell egy részletét mutatja be a **3. ábra**. A modellezés eszközeként egy diszkrét-eseményvezérelt gyártási folyamatok szimulációjára alkalmas szoftvert alkalmaztunk, amelyben a szerelőcellák, a milkrunjáratok, a művelet- és gyártási fokozatok közti tárolók mellett az anyagmozgatási folyamatok is leképzésre kerültek.



3. ábra. *A vizsgált rendszer PlantSimulation környezetben elkészített szimulációs modellje*

3. Következtetések

A szimulációs vizsgálatok során elsősorban a targoncás járatok kapacitáskihasználtságának vizsgálatára tértünk ki. Alapesetben a vontatható kocsik maximális száma 4 volt, és inhomogén járatokat engedtünk meg minden olyan esetben, ahol ez lehetséges volt. Kezdetben 9 targoncás járatszervezést vizsgáltunk. A futás eredményeképpen a targoncák kihasználtsága 35% és 72% közé esett. 2 járat esetén 33% és 55%-ban volt szükség a 4 kocsira, a jellemző az 1-2 vontatmány volt. A második esetben homogén járatokat engedtünk meg, ezzel csökkentve bizonyos járatok megállóhelyeinek számát, amely a járatok kihasználtságának csökkenését eredményezte, hiszen egy-egy kör rövidebb idő alatt bejárhatóvá vált. A vontatható kocsik maximális számát 6-ra emeltük. Egy járat esetén 23%-ban volt csupán szükség a 6 kocsira, többnyire 2-3 pótkocsi elegendőnek bizonyult. A harmadik esetben inhomogén járatokat vettünk alapul, maximum 6 lehetséges vontatmánnyal. A kezdeti 9 járatot – egy járat megszüntetése és másikkal való összevonása révén – egyel csökkentettük. Az adott járat - amellyel az összevonás történt – kihasználtsága 5%-al növekedett. A vontatott kocsik számának százalékos megoszlásában nem mutatkozott szignifikáns különbség az előző esethez képest. Az egyes vizsgált esetekben az alacsony kihasználtságokért a rövid szállítási útvonalak a felelősek, ami további járatösszevonások vizsgálatának alapjául szolgálhat. A modell alkalmassá vált a gyártási fokozatok közötti készletek vizsgálatára is. Kimutattuk, hogy a készletek csökkentéséhez az előszerelő cellák termelésütemezését felül kell vizsgálni, és olyan termelésütemezési modellek, módszerek kialakítása válik szükségessé, amely integráltan képes kezelni az anyagellátáshoz kapcsolódó logisztikai erőforrásokat is.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Husi Géza: *A lean alapú termelés kialakításának lépései*, Debreceni műszaki Közlemények VI. évf. 2. szám Debrecen, 2007, 59, HU ISSN 1587 – 9801.

[2] Cselényi J., Illés B.: *Logisztikai rendszerek I.*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2004. 6.

[3] Deechongkit, Songwut, and Rawinkhan Srinon: *The Framework of Synchronizing Material Supply Approaches with Facility Layout Design for Mixed Model Assembly Line*, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. Vol. 2., 2013, 870, ISBN 978-988-19252-6-8.

[4] Marton, Michal, et al.: *One piece flow - another view on production flow in the next continuous process improvement*, Slovak University of Technology Bratislava, 2011, 30-35.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 307–310. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.69
http://hdl.handle.net/10598/28644

KÜLÖNBÖZŐ ENERGIAFORRÁSÚ LINEÁRIS TENGELYEK IRÁNYÍTÁSA

CONTROLLING OF TWO DIFFERENT ENERGY DRIVEN LINEAR AXES

Tóth Xénia Erzsébet[1], Tóth János[2]

[1]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, tothxeniaerzs@gmail.com*

[2]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, Telefon: +36 (52) 415-155/77796, tothjanos@eng.unideb.hu*

Abstract

In the industrial processes the linear movements and the positioning with high accuracy are really important. In this paper we controlled two different powered linear axes, one is electropneumatical, and the other one is electrical. This model has two main parts, the pneumatical one (a pneumatical transporter with magnetic clutch) is moving to the x direction, and the electrical one (servo engine with its linear axis) is positioning to the y direction. The communication network is created with the PLC (Programmable Logic Controller) via CANopen protocol and FHPP data profile.

Keywords: *servo motor, linear axes, closed-loop control, PLC.*

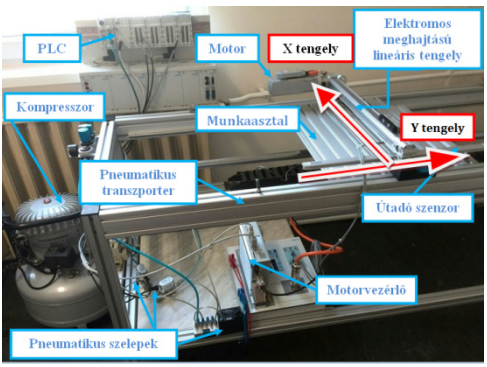
Összefoglalás

Az ipari folyamatokban a nagy pontosságú pozicionálási feladatok megvalósítása különösen fontos. Kettő különböző az iparban használt, de eltérő segédenergiával (elektropneumatikus, elektromos) működő tengelyen transzlációs pozicionálást valósítottunk meg. A pneumatikus egység (mágneskuplungos pneumatikus transzporter) az x irányba végez pozicionálást, az elektromos egység (szervo motor és az általa meghajtott lineáris tengely) pedig az y irányba történő mozgást valósítja meg. A kommunikációs hálózatot egy programozható logikai vezérlővel (PLC) hoztuk létre CANopen protokollon és FHPP adat profilon keresztül.

Kulcsszavak: *szervo motor, lineáris tengelyek, szabályozás, PLC.*

1. Bevezetés

A cikk bázisát a pozicionálási feladat képezte. A Festo szervo motorral (x irány) hajtott lineáris egység kinematikai láncát egy arra merőleges transzlációs tengellyel is kibővítettük (y irány). A kiegészítő tengelyen való mozgást egy mágnes kuplungos pneumatikus transzporter valósítja meg. A munkaasztal lineáris mozgást végez a szervo motor által irányított elektromos meghajtású tengely alatt (1. ábra). Az egységek irányítását és összehangolását a PLC (Programmable Logic Controller) végzi.

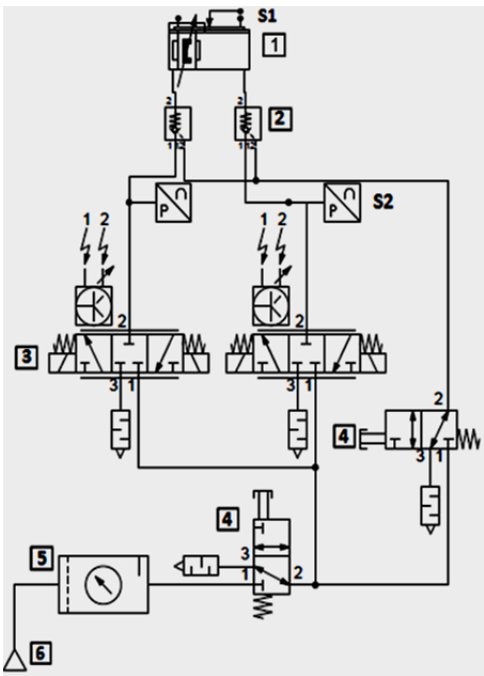


1. ábra. *A megvalósított modell*

2. Pneumatikus egység bemutatása

Pneumatikus hajtások esetében előny, hogy a munkahenger sebessége fokozat nélkül állítható, viszont körülményes a pontos pozicionálás a levegő összenyomhatósága miatt.

2.1. Pneumatikus rész felépítése



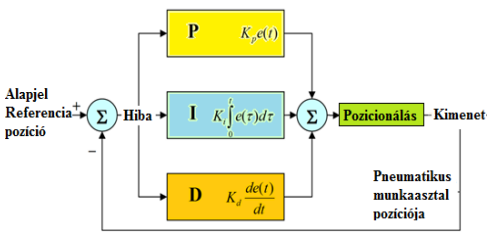
2. ábra. *A pneumatikus egység kapcsolási rajza*

A pneumatikus transzporter mozgásához kettő elektropneumatikus nyomásszabályozó szelepet, a pontos pozicionálásához egy 0-503 mm mérési tartományú útadó-szenzort használtunk fel.

A Rexroth D&C Scheme Editor szoftver segítségével terveztük meg a pneumatikus egység kapcsolási rajzát (2. ábra). A pneumatikus kapcsolás a következő elemekből épül fel: egy kettős működtetésű mágneskuplungos pneumatikus transzporter (1) útadó szenzorral felszerelve (S1), vezérelt visszacsapó szelepek (2), nyomásmérésre is használt (S2) 3/3-as monostabil elektropneumatikus nyomás-szabályozó szelep (3), monostabil, kézi működtetésű 3/2-es pneumatikus útváltó szelep (4), levegő előkészítő egység (5), kompresszor (6).

2.2. Szabályozás kialakítása

A pneumatikus transzporter munkaasztalának pozícionálásához egy PID szabályozást használtunk, ami a PLC CODESYS programozó környezetében egy előre definiált funkcióblokként megtalálható. Ez könnyen paraméterezhető, egyszerű behangolást tesz lehetővé, pontos pozícionálással.



3. ábra. *A PID szabályozás hatásvázlata*

A szabályozás kimenetének megfelelően egymással ellentétesen vezéreljük a kettő elektropneumatikus nyomásszabályozó szelepet. A pneumatikus munkaasztal aktuális pozíciójáról a Hall-effektus elvén működő útadó szenzor szolgáltat információt.

A szabályozás átviteli függvénye:

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t)dt + K_D \frac{de}{dt} \quad (1)$$

ahol K_P az arányos átviteli tényező, K_I az integráló átviteli tényező [1/s], K_D a differenciáló átviteli tényező [s] és e(t) az aktuális hiba.

A szabályozás lényege, hogy a szabályozott jellemző mért y értékét (pneumatikus munkaasztal pozíciója) összehasonlítja az y0 alapjellel. A különbségükből (a hibajelből, e – error) ezután megadható az új beavatkozó jel (u) értéke, hogy a y közelebb kerüljön y0 alapjelhez [1]. A PID szabályozás három tag, egy arányos (P), egy integráló (I) és egy deriváló (D) párhuzamos kapcsolásával valósult meg.

A szabályozás beállítását a Ziegler-Nichols módszerrel végeztük el [2]. Ennek eredményeképp a szabályozás stabil, lengésektől mentes lett.

3. Az elektromos meghajtású egység bemutatása

Az y irányban megvalósuló mozgást egy Festo gyártmányú szervo motor teszi lehetővé, amellyel 0-300 mm nagyságú tartományban történik a pozicionálás egy fogas szíjas meghajtású lineáris tengelyen.

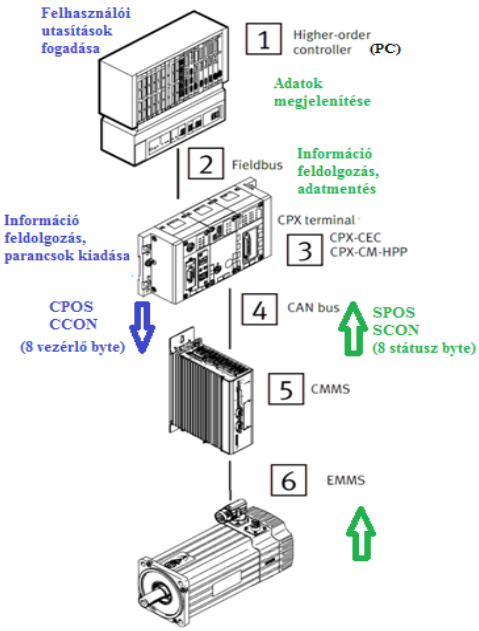
3.1. Központi szabályozó egység

A szabályozást végző központi egység egy moduláris felépítésű programozható logikai vezérlő (PLC), amelynek a Festo CPX-CEC-M1 típust választottuk. Feladata a motor, illetve a pneumatikus arányos szelepek vezérlése, a szabályozás megvalósítása, a szenzor adatok begyűjtése, illetve a számítógéppel való kommunikáció.

A CPX−CM−HPP kommunikációs modullal kiegészítve a PLC CAN buszon keresztül valósítja meg a motor vezérlését. A kommunikáció az erre a célra fejlesztett FHPP (Festo Handling and Positioning Profile) adatprofilon keresztül jön létre. Az elektromos meghajtású lineáris egységet vezérlő program alap szerkezetét a Case függvény használatával valósítottuk meg. A programkódot strukturált szöveges programnyelvvel készítettük el, a PLC CODESYS fejlesztőkörnyezetében.

3.2. A kommunikáció megvalósítása

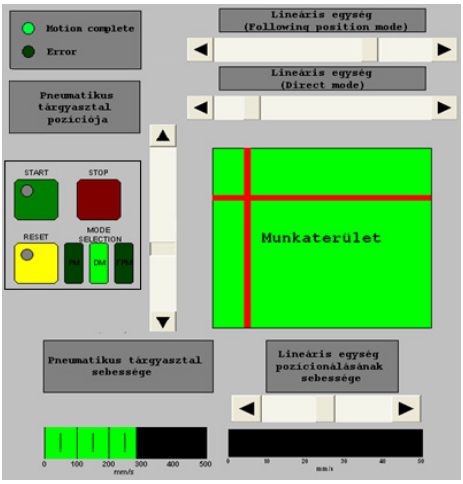
Az FHPP adat profilt használva a motorvezérlő 4 tengely konfigurálásához és irányításához (CAN buszon keresztül) 32 byte adatterület áll rendelkezésre. Ebből egy tengelyt használva 8 byte-ot veszünk igénybe a motorok irányításához.



4. ábra: *Az eszközök közötti kommunikáció*

Kettő különböző mód választható, az úgynevezett Record select beállítással a motorvezérlőben konfigurált diszkrét pozíciók és dinamikai tulajdonságok érhetőek el. A Direct mode kiválasztásával (a másikkal ellentétben) a PLC által küldött tetszőleges pozíció, illetve sebesség is beállítható, és dinamikusan változtatható. Az eszközök közötti adatcsere a vezérlő és státusz byteok használatával valósul meg (**4. ábra**).

4. Megjelenítő felület bemutatása



5. ábra: *Az elkészített felhasználói felület*

Az általunk készített kezelőfelületen (5. ábra) elérhetővé tettük a pneumatikus tárgyasztal és az elektromos meghajtású tengely szánjának (az ábrán: lineáris egység) pozicionálását, amelyeket csúszkákkal valósítottunk meg. Az általuk behatárolt munkaterületet is megjelenítve, a csúszkák állapotához hozzárendelt függőleges és vízszintes piros szakaszok metszéspontja jelöli a pneumatikus szán és az elektromos szán függőleges vetületét a munkaasztalra. Az operátor a kezelőpanellel irányíthatja a rendszert, valamint elhelyezésre került a Start, Stop, Reset gomb és a Mód választó kapcsolók. Az aktuális állapotokról a státusz LED-ek adnak visszajelzést.

A bal oldali függőleges csúszka felel a pneumatikus tárgyasztal pozíciójának megadásáért. A lineáris egység pozicionálásához kettő mód közül is lehet választani a vezérlőpanelen található kapcsolókra kattintva. Az alsó skálák üzemmódtól függetlenül kijelzik a szánok aktuális sebességét.

A munkaterület fölött található Direct módhoz tartozó csúszkával beállítható a szán adott pozícióra, illetve a munkaterület jobb oldalán lévő skála segítségével hozzárendelhető a mozgáshoz sebesség érték is.

Másik lehetőség az általunk kialakított Following Position Mode, ezzel arányosan a lineáris egység szánja valós időben folyamatosan képes lekövetni a csúszka mozgását és annak változási sebességét is.

5. Összegzés

A kettő különböző energiaforrású tengellyel megvalósítottuk a pozicionálást Festo lineáris hajtástechnikával, valamint megterveztük és összeállítottuk a pneumatikus kapcsolást. Létrehoztuk a CANopen kommunikációs hálózatot FHPP adat profilon keresztül. Egy PID szabályozást használtuk fel a pneumatikus transzporter munkaasztalának pozicionálására. Bemutattuk a kezelő személy és a szervo rendszer közötti kommunikációhoz és a teszteléshez elkészített felhasználói felületet. A jelen konstrukció bővíthető különböző fejegységekkel, amivel rajzolási (toll), vagy áthelyezési (megfogó) műveleteket tudunk végrehajtani.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://www.eet.bme.hu/~nagyg/elektronika/A%20digitalis%20PID%20szabalyozo.pdf Letöltve:2014.11.03.

[2] U. Tietze, Ch. Schenk: *Analóg és digitális áramkörök,* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000. ISBN: 9631600106.

[3] David Hoey, Dan Sandoval, Edward Gasper*: TP 800 e-drives* - Reference notes, Festo Didactic GmbH & Co., D-73770 Denkendorf, 2002

[4] *Pozicionálás pneumatikával és szervo motorral* - saját video: https://www.youtube.com/watch? v=nTxx-vHRT10&feature=youtube

[5] Tóth Xénia Erzsébet: *Tetszőleges transzlációs pozicionálás megvalósítása ipari vezérlővel*, Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Tudományos Diákköri Konferencia, Debrecen, 2014.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 311–314. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.70
http://hdl.handle.net/10598/28645

KOCKÁZATELEMZÉSI MÓDSZEREK SZEMLÉLTETÉSE A DIÁKÉLET EGY PÉLDÁJÁN KERESZTÜL

DEMONSTRATION OF RISK ASSESSMENT METHODS THROUGH A STUDENT LIFE PROBLEM

Tráj Krisztina[1], Pokorádi László[2]

[1]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi hallgató, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.; Tel.: +36 20 2900595; krisztinatraj@gmail.com*

[2]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi tanár, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.; Tel.: +36 30 9194929; pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

Nowadays, the quality of products or services, reliability and safety of technical systems and processes are playing an increasingly important role. Our aim is to elaborate illustrative samples, which facilitate the understanding of different risk assessment techniques through course of lectures of Technical reliability at the Óbuda University. The study presents the illustrative examples of analytical methods through a student life problem.

Keywords: *risk analysis; FTA; Ishikawa analysis; bow-tie analysis.*

Összefoglalás

Napjainkban egyre fontosabb szerepet játszik a termékek vagy szolgáltatások minősége, a technikai rendszerek, valamint folyamatok megbízhatósága és biztonsága. Ezért olyan szemléltető példasor kidolgozását tűztük ki célul, mely elősegíti a különböző kockázatelemzési módszerek megértését az Óbudai Egyetemen oktatott Műszaki megbízhatóság tantárgy előadásai során. A tanulmány a kidolgozott elemzési módszereket szemléltető példákat mutatja be a diákélet egy problémáján keresztül.

Kulcsszavak: *elemzés; FTA; csokornyakkendő elemzés.*

1. Bevezetés

Napjaink talán két legnépszerűbb szavává vált a biztonság és a minőség. Szerepeljen az egy reklámban, vagy legyen bármilyen cég szlogenének egy eleme, valamilyen megmagyarázhatatlan módon megbízhatóságot sugall felénk. Akárhol hallják, olvassák az emberek, úgy érzik, biztonságban vannak, védve érzik magukat a rájuk leselkedő veszélyes dolgok ellen. Ennek persze tudatában vannak a vállalatok is, akik termékeiket, szolgáltatásaikat eme bűvös szóval felruházva teszik a vevők, ügyfelek számára még vonzóbbá.

De mielőtt e két szó negatív érzéseket keltene bennünk, lássuk, milyen pozitív dolgok is valójában. A technikai problémáktól kezdve egészen a magánéletünkig rengeteg problémával, elkövethető hibával, kockázattal találkozhatunk. Ezek elkerülése érdekében rengeteg eszköz áll rendelkezé-

sünkre. A hibaelemző módszerekkel az úgynevezett nem-kívánt események bekövetkezésének esélye nagymértékben csökkenthető – sőt, legkedvezőbb esetben meg is szüntethető. Alkalmazásukkal felkészültebbek, így eredményesebbek lehetünk. Gondoljunk csak bele: ha bármilyen folyamat megkezdése előtt már kielemezzük a lehetséges kockázatokat, hibaokokat és még időben meggátoljuk ezek bekövetkezésének valószínűségét – netalán teljes mértékben meg tudjuk akadályozni azokat –, rengeteg időt, energiát, pénzt spórolhatunk meg.

Tanulmányunk egy egyszerű, hétköznapi egyetemi példán – a vizsgákon történő bukások kockázatelemzésén – keresztül röviden bemutatja, milyen célt szolgálnak, hogyan működnek egyes hibaelemző módszerek. Ezúton is felhívja a figyelmet arra, hogy milyen jelentős szerepe van a kockázatelemezésnek és a tanulásnak.

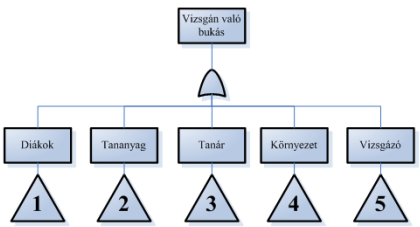
2. A szemléltetett eljárások

2.1. Hibafa elemzés

A hibafa elemzés célja a rendszerszintű veszélyek előfordulását előidéző feltételek, tényezők, úgynevezett elemi okok, megállapítása. A vizsgálat első lépése az, hogy megfogalmazzuk az úgynevezett csúcseseményt. Ezt követően felkutatjuk a csúcsesemény kiváltó okait, majd, a kapott eredmények alapján elkészítjük a hibafát: az analízis eredményeit fastruktúra formában ábrázoljuk, így logikussá, áttekinthetővé válik a vizsgálat egésze. A fő-esemény a kiinduló pont, majd fokozatosan haladva vázoljuk az al-eseményeket, melyek a hibát okozták. Utólag ezt kibővíthetjük megbízhatósági számításokkal is [1]. A megbízhatósági mérőszámok szakkönyvek táblázataiból olvashatóak ki, ennek hiányában a gyakorlati tapasztalat az irányadó. Következő feladatunk a rendszerhibák és hibalánccolatok minőségi és mennyiségi szempontból való kiértékelése. Ezen elemzések eredményei alapján kirajzolódnak a rendszer gyenge pontjai.

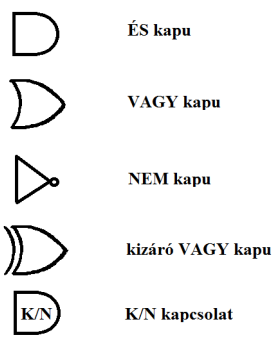
A rendszer megbízhatóságával kapcsolatban mérőszámok nélkül is vonhatunk le következtetéseket. Egyik lehetőség, hogy megkeressük a kritikus (minimális) láncokat. Ez olyan hibakombináció, mely a főesemény bekövetkezését okozza – a legkisebb számú meghibásodás mellett. Tehát ez a legrövidebb lánc. Így kimutatható a hibafa leggyengébb ága.

Összegezve: a hibafa analízis minőségi (kvalitatív) és mennyiségi (kvantitatív) elemzésre egyaránt alkalmas [2].



1. ábra. *A hibafa elemzés egy részlete [2]*

Az események egymáshoz logikai műveleteken keresztül kapcsolódnak. Ezek a Boole-féle logikai kapuk. A főesemény az al-eseményeket és a főeseményt összekapcsoló, úgynevezett logikai főkapu kimeneti eseménye. Ekkor az al-eseményeket bemeneti eseményeknek nevezzük [2].

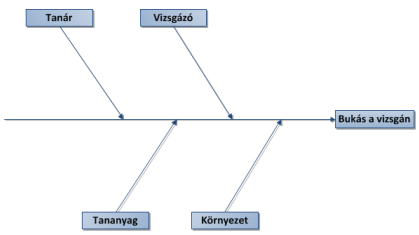


2. ábra. *Boole-féle logikai kapuk [2]*

2.2. Ishikawa elemzés

Ennek az elemzésnek számos elnevezése ismert: Ishikawa, ok-okozati, halszálka-elemzés, illetve angol nyelvű szójátékként létrejött a „Fishikawa" megnevezés is.

Elsősorban a probléma meghatározására van szükség a „*MI?*", „*HOL?*", „*MIKOR?*", „*MIÉRT?*" kérdések segítségével. Ezután az esetlegesen fellépő hibaokokat tárjuk fel probléma, fő-ok, okok sorrendben. Harmadik lépésben azonosítjuk, súlyozzuk az okokat és ábrázoljuk a halszálka diagramot. A hal feje az ábra jobb oldalán helyezkedik el, ide írjuk a problémát, mint okozatot. A hal gerincéből kiinduló szálkákon a fő befolyásoló okcsoportokat szemléltetjük, az egyre kisebb szálkákon pedig az alsóbb rendű hibákat ábrázoljuk – egészen addig, míg el nem jutunk a gyökér okokig [2]. Tehát a probléma megszüntetéséhez az okok felismerése és elemzése alapján juthatunk el.



2. ábra. *Az Ishikawa elemzés egy részlete [2]*

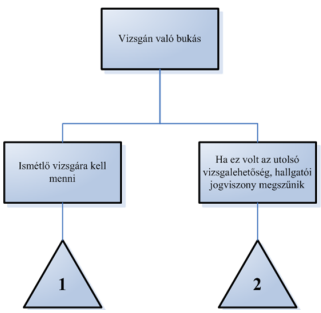
Az elemzés során kapott eredményeket növekvő részletességgel ábrázoljuk. a hierarchikus felépítésnek köszönhetően a vizsgálat menete mindenki számára egyszerűen értelmezhető. A halszálka-elemzéssel végzett analízis alaposabb elemzést tesz lehetővé, mint az általános mérnöki gondolkodásból adódó elemzés [2].

2.3. Eseményfa elemzés

Az eseményfa elemzés a hibafa módszerrel szemben induktív, azaz ellentétes irányú eljárás, előremenő gondolkodású folyamat. A vizsgálat célja egy adott kiváltó esemény különböző feltételek melletti hatásainak vizsgálata.

Az analízist leginkább mennyiségi kockázatelemzésnél alkalmazzák. Az eseményfa elemzés olyan potenciális balesetek kimenetelét értékeli, amelyek a kiváltó eseménynek nevezett valamilyen készülék meghibásodás vagy technológiai zavar után következhetnek be.

Az eseményfa esetében is – ahogy a hibafa-analízisben is – van lehetőség az eseményláncok logikai és időbeli lefolyásainak minőségi és mennyiségi kiértékelésére is. Ehhez azonban ismerni kell az úgynevezett kezdeti esemény gyakoriságát és az eseményfa elemeinek bekövetkezési valószínűségét. Ezen adatok ismeretében a valószínűségelmélet segítségével kiszámíthatóak a különböző eseményláncok valószínűségei [3].



3. ábra. *Az eseményfa elemzés egy részlete [3]*

Az eseményfa alkalmazása nehézségekbe ütközhet a sok, egy időben bekövetkező eseményt tartalmazó rendszerekben. Ez esetben alkalmazását hibafa-analízissel kombinálják. Ilyenkor az eseményfában szereplő, elágazásokat okozó események különálló hibafák csúcseseményei [3].

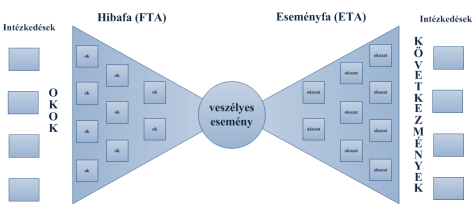
Első lépésként meghatározzuk a kezdeti eseményt. Ezt követi a fa közvetlen elágazásainak felvázolása, majd addig folytatjuk az analízist, míg el nem jutunk a különböző események lehetséges végső következményeihez.

2.4. Csokornyakkendő elemzés

A csokornyakkendő-analízis alkalmazása olyan esetekben hatásos, amikor a menynyiségi meghatározás nem lehetséges vagy nem szükséges. A logikai ábra formája a férfiak által közkedvelt csokornyakkendőre hasonlít – innen ered az elemzés elnevezése is. Az ábra közepén található a csúcsesemény: ez a csokornyakkendő csomója. A diagram bal oldalán a hibafa-elemzés helyezkedik el, amely megmutatja a lehetséges okok teljes körét, melyek a csúcsesemény bekövetkezéséhez vezetnek. A függőleges oszlopok azok az intézkedéseket jelölik, amelyeket megtettek a csúcsesemény bekövetkezésének megakadályozására – beleértve az eszkalációs hatások megakadályozására tett intézkedéseket is. Jobb oldalán az eseményfa látható, mely demonstrálja a csúcsesemény lehetséges következményeit. A függőleges oszlopok azokra az intézkedésekre utalnak, amelyekkel megakadályozhatók, csökkenthetők a nemkívánatos esemény káros következményei.

A módszerrel azonosíthatók a meghibásodási (vagy baleseti) eseménysorok, megállapítható a meghibásodás oka, illetve a rendszer gyenge pontja(i), továbbá meghatározható a meghibásodás hatása, a rendszer üzembiztonsága.

Összefoglalva a csokornyakkendő módszer lényegében a hibafa és eseményfa összekapcsolásán alapszik. A hibafa csúcseseménye a kritikus esemény, az eseményfa kezdeti eseménye ez esetben a másodlagos kritikus esemény lesz [3].



4. ábra. *A csokornyakkendő elemzés általános felépítése [3]*

3. Következtetések

Bármilyen tudományos módszert olyan példán keresztül érdemes bemutatni, tanítani, amely közel áll a hallgatósághoz, amely egyszerűen csak felkelti az érdeklődését, hiszen így könnyen érhető és elsajátítható lesz – akármilyen bonyolult kérdésről is legyen szó.

Ezen tanulmány esetében sem utolsó szempont volt az, hogy laikusok, és természetesen az első számú célközönség, az egyetemi hallgatók számára is könnyen érthető, követhető legyen a bemutatott vizsgálat, illetve annak menete, tulajdonságai és jelentősége. E cél elérése érdekében történt a vizsgált példa választása, amelyet nagy valószínűséggel minden egyetemi hallgató saját bőrén vagy környezetében, baráti társaságában, de valamilyen módon biztosan megtapasztalt.

Tehát a vizsgán történő bukás mint nem-kívánt (csúcs)esemény teljes körű kockázati elemzése, valamint az ehhez vezető okok elkerülése lehetővé teszi a hallgatók számára, hogy a további tanulmányaik során elkerüljék eme nemkívánatos esemény bekövetkezését. Például a bemutatott kockázatelemzési eljárások elsajátításával.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pokorádi László: *Mátrixalgebrai hibafa-érzékenységelemzés*, Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet (2011) 1. szám, 103-110.

[2] Tráj Krisztina: *Kockázati ok meghatározó módszerek – Miért bukunk a vizsgán*?, TDK dolgozat, ÓE-BGK, Budapest. 2014. 31. (Konzulens: Pokorádi László)

[3] Tráj Krisztina: *A „bow-tie" modell szemléltetése – Csokornyakkendő a vizsgákra*, TDK dolgozat ÓE-BGK, Budapest. 2014. 21. (Konzulens: Pokorádi László)

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 315–318.
http://hdl.handle.net/10598/28646
DOI: 10.33895/mtk-2015.03.71

DUPLEX KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉL DURVALEMEZEK HEGESZTÉSE

WELDING OF DUPLEX STAINLESS STEEL THICK PLATES

Uzonyi Sándor [1,a], Asztalos Lilla [1,b], Dobránszky János [2,c]

[1] *BME, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; +36 70 2487278,

[2] *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; +36 1 4631934

a) uzonyi.sandor90@gmail.com;
b) asztalos.lilla92@gmail.com;
c) Dobranszky.Janos@eik.bme.hu

Abstract

Duplex stainless steels (DSS) are one of the modern stainless steels. Their name comes from their duplex microstructure, which contains about equal proportion of austenite and δ-ferrite. DSS are typically alloyed with chromium, nickel, manganese, molybdenum and nitrogen and contain low carbon. Their excellent corrosion resistance and mechanical properties make them proper base material for almost any task, that is why it is important to have a suitable welding technology for these materials. They are hard to weld because of their duplex microstructure and high alloy content, which, together, make sensitive these alloys to undesirable precipitations. The heat input, the shielding gas and the welding consumable must be chosen wisely. Thick (10 mm) plate just like in this experiment, are harder to handle. Careless handling of the welding parameters can cause problems in the ferrite-austenite phase balance and because of that the mechanical properties and corrosion resistance cannot fulfil the requirements. This experiments aims to compare a few possible welding procedure designs according for the previous details.

Keywords: *welding, stainless steel, duplex.*

Összefoglalás

A duplex korrózióálló acélok a modern korrózióálló acélok egyik fajtája. Nevüket a kettős szövetszerkezetükről kapták, amely nagyjából fele-fele arányban ausztenitet és δ-ferritet tartalmaz. Fő ötvözőik a króm, nikkel és mangán, emellett jelentékeny mennyiségű molibdént és nitrogént tartalmazhatnak, karbon tartalmuk alacsony. [1] Kiváló korrózióállóságuk és mechanikai tulajdonságaik miatt szinte minden feladatra alkalmasak, ezért fontos, hogy megfelelő hegesztéstechnológiát alkalmazzunk feldolgozásukhoz. Az ilyen anyagok hegesztése sok buktatót rejt, nagy ötvözőtartalmuk és kettős szövetszerkezetük miatt. Hegesztés során fokozott odafigyelést igényel a fajlagos hőbevitel, a védőgáz, a hegsztőanyag és a sorközi hőmérséklet is. [2] Különösen igaz ez a kísérletben szereplő 10 mm vastag lemezekre és azok többsoros varrataira. E technológiai változók hanyag kezelése a ferrit-ausztenit arány felborulását eredményezhetik, aminek következtében az anyag elveszíti fent említett kedvező mechanikai és korrózióállósági tulajdonságait, intermetallikus fázisok keletkezhetnek, továbbá a szívósságcsökkenés veszélye is fennáll. [1] A dolgozat e szempontok figyelembe vételével hasonlítja összsze a felmerülő hegesztési eljárásokat és ad ajánlást az ilyen anyagok megmunkálására.

Kulcsszavak: *ívhegesztés, korrózióálló acél, duplex acél.*

1. Célkitűzés

A dolgozatot a duplex korrózióálló acélok hegesztésének kutatása céljával 2012-ben indított program feladataihoz illeszkedve készítettük. Egy jelentős japán gyártómű biztosította a 10 mm vastag durvalemezeket a kísérletekhez. A kísérlet célja, hogy megfelelő hegesztési technológiát és élelőkészítési geometriát találjunk egy ilyen kényes anyagminőség hegesztéséhez, vagy legalább ajánlást adjunk arra, „hogyan ne hegesszék”.

2. A kísérletekben használt alapanyagok

A kísérlet során három különböző duplex korrózióálló anyagot használtunk fel, egy standard duplex és kétféle sovány (angolul: lean) duplex acélt. Ezek viselkedését hasonlítottuk össze az eltérő hegesztési eljárások hatására. A Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel (továbbiakban: NSSC) japán acélgyártó az alábbi anyagokat bocsátotta rendelkezésünkre.

S21013

Az Otokumpu LDX 2101 típusú duplex acél licence alatt gyártott acélminőség. Az LDX 2101 duplex acél hegesztéséről számos kutatás készült már a BME ATT-n, ennek hegesztésével az I. kísérletsorozatban nem foglalkoztunk.

DX1

Hagyományos duplex. A gyártó vegyszertartályok, erőműi alkalmazások építéséhez ajánlja. Sajnos bővebb információt nem közöl róla a holnapján.

NSSC2120

Újfajta sovány duplex acél. Különlegessége, hogy nagy hőbevitellel járó eljárással is hegeszthető, mint például a fedett ívű hegesztés. Korrózióállósági és mechanikai tulajdonságaiban messze felülmúlja a közönséges ausztenites korrózióálló acélokat.

3. Az első hegesztési kísérlet

A duplex acélok hegesztése során a fajlagos hőbevitelt nem szabad sem túl kis sem túl nagy szinten tartani, ezek a határok alapanyagtól függenek. A nem megfelelő hőbevitelű hegesztés a fázisarány felborulásához, illetve nemkívánatos öregedési folyamatokhoz vezethet. Az öregedési folyamatok minimalizálásának érdekében a varratsorok számát is érdemes minél lentebb szorítani. [1] [2]

3.1. A varratok elkészítése

Az első hegesztési kísérlet során az általánosan elterjedt hegesztési technológiákat hasonlítottuk össze egymással, különböző varratfelépítésben (**1. ábra**). A kísérlet során az alábbi kötéseket hegesztettük le:

1. táblázat. *A kísérletekben alkalmazott eljárások kombinációi és a varratok felépítése*

Kísérlet	Acél	Eljárások	Felépítés
2-1	DX1	141+111	ss nb
3-1	2120	141+111	ss nb
2-2	DX1	141+136	ss nb
2-3	DX1	141+136	bs
3-2	2120	141+136	ss nb
3-3	2120	141+136	bs

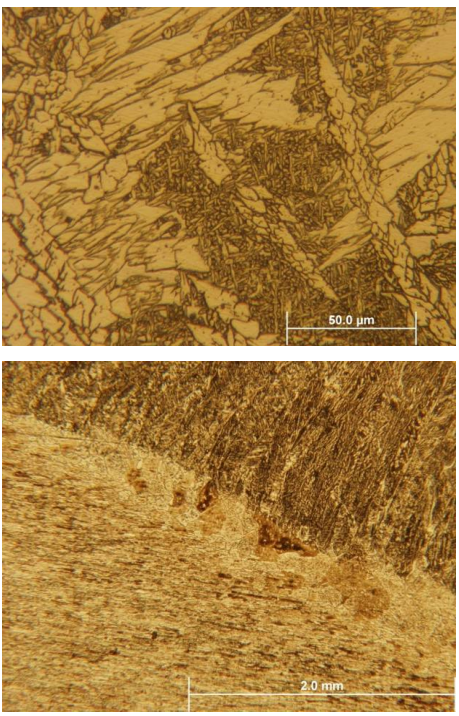
1. ábra. *2-1 és 3-3 kötés keresztmetszeti képe*

A volfrámelektródás semleges védőgázos ívhegesztést (141) csak a gyökvarratokhoz használtuk, míg a bevont elektródás kézi ívhegesztést (111) és a huzalelektródás aktív védőgázos ívhegesztést portöltetű huzallal (136) töltő- és takaróvarratokhoz. Az *„ss nb”* az egyoldali megtámasztás nélküli varratokat jelöli, míg a *„bs”* a gyökutánhegesztéssel készülteket.

3.2. A hegesztett kötések vizsgálata

A kötéseket először vizuális vizsgálattal ellenőriztük: a nemmegfelelőségeket és az összeolvadási hiányosságokat kerestünk.

A duplex acélok varrataiban kulcsfontosságú a fázisok aránya, ezért a ferrittartalom ferritszkópos mérésével végeztük. A szonda nagy mérete miatt a hőhatásövezet (**2. ábra**) vizsgálata nem volt lehetséges.



2. ábra. *Porbeles huzalelektródával hegesztett töltővarrat finomszemcsés ausztenitje (fent) és a hőhatásövezete az alapanyaggal (lent)*

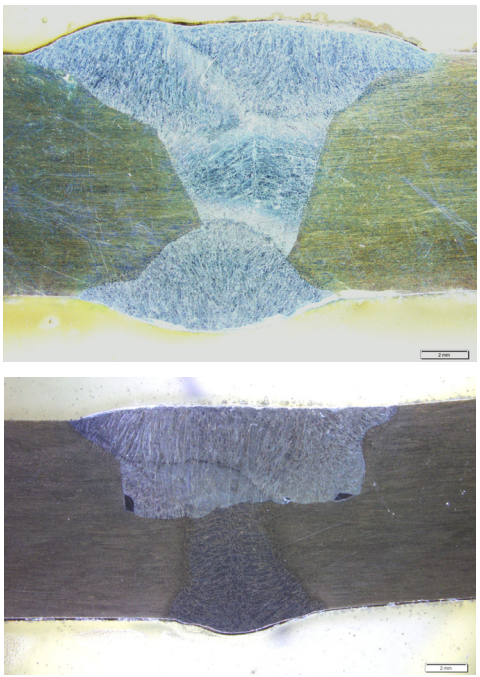
A varratok mikro- és makroszerkezetét csiszolatokon vizsgáltuk, amelyeken később mikrokeménységmérést végeztünk 100 gramm terheléssel.

4. A második hegesztési kísérlet

Az eredmények alapján a technológiát felülvizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy a varratsorokat fajlagos hőbevitelük szempontjából csökkenő sorrendben kell hegeszteni. Ezt szem előtt tartva megismételtük a hegesztési kísérleteket.

4.1. A varratok hegesztése

Mivel az 1. kísérletben az egyoldali varratok hegesztése nehézkes volt az ömledék nagy viszkozitása miatt, a TIG gyökhegesztés helyett, első lépésben csak 136-os eljárással készítettünk gyökutánhegesztett kötéseket (**3. ábra**). Ipari alkalmazásokban is inkább ez az eljárás elterjedt: ahol csak lehet, kétoldali varratokat alkalmaznak.



3. ábra. *3-4 és 3-5 kötés makró felvétele*

A varratsorok számának csökkentése érdekében kísérleteztünk az aktiválóporos volfrámelektródás (ATIG-) hegesztéssel is (3-5 és 3-6 próbatest). Az aktiválóporos hegesztés több előkészítési munkát igényel, és szinte teljesen kizárja a kézi hegesztés lehetőségét, ezért ezeket a varratokat lineáris hajtású hegesztőautomatán készítettük. Az aktiválópor szilícium-dioxid volt.

2. táblázat. *A kísérletben felhasznált hegesztési eljárások kombinációi és a varratok felépítése*

Kísérlet	Acél	Eljárások	Felépítés
1-4	2101	136	bs
3-4	2120	136	bs
3-5	2120	A141+136	ss mb
3-6	2120	A141+136	bs

4.2. A kötések vizsgálata

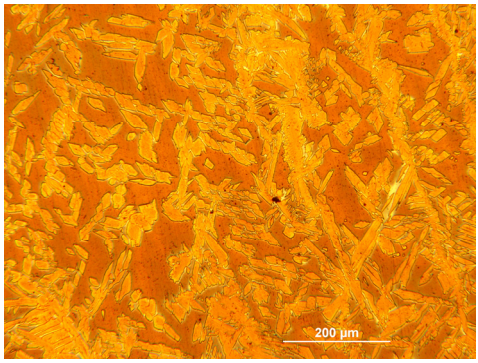
A második kísérletsorozatot az elsővel azonos vizsgálati metódusokkal értékeltük. A vizsgálati eredmények igazolni látszanak az első hegesztési kísérlet után felállított hipotézisünket.

Az aktiválóporos 141-es eljárással hegesztett varratok (**4. ábra**) kisebb keménysége valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a varrat keresztmetszete igen nagy, ezért a szokványos varrathosszra fajlagosított hőbevitellel nem jellemezhető jól a folyamat.

Az ebben a kísérletsorozatban hegesztett varratok hőhatás övezetének kilágyulása további vizsgálat tárgyát képezi.

5. Összegzés

Összegzésképpen megállapítható, hogy a célkitűzésben megfogalmazottakat teljesítettük. A tanulmány során több olyan pWPS is készült, amelyek akár valós gyártási feladatok megoldásához is szolgálhatnak kiindulási alapnak. A kísérletek folytatása során a hegesztett sorok további csökkentését tűztük ki célul magunk elé. Az anyagvizsgálatokat (*15614-1*-nek megfelelően) szakító, hajlító, ütőmunka és radiográfiás vizsgálattal; valamint pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálattal kívánjuk kibővíteni.



4. *ábra.* *A 3-6 jelölésű kötés gyökének (ATIG) mikroszerkezete*

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a kísérleti programot támogató cégeknek azért, hogy rendelkezésre bocsátották a szükséges anyagokat: a japán Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corporation a 10 mm vastag duplex acél alapanyagokat, a az Outokumpu Kft. a tömör huzalt, a Corweld Kft. a bevonatos elektródát, a Böhler-Uddeholm Kft. a porbeles huzalt.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Songqing Wen: *Metallurgical Evaluation of Cast Duplex Stainless Steels and Their Weldments*, University of Tennessee – Knoxville, 2001, 7-20, 46-60.

[2] M. Sadeghian, M. Shamanian, A. Shafyei: *Effect of heat input on microstructure and mechanical properties of dissimilar joints between super duplex stainless steel and high strength low alloy steel*. Materials and Design journal, Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran. 2014.04.13.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 319–322. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.72
http://hdl.handle.net/10598/28647

SILÓSZÁRÍTÓK SZEMCSEMOZGÁS VISZONYAINAK ELEMZÉSE

ANALYSIS OF PARTICLE MOVEMENT CONDITIONS OF SILODRYER

Varga Attila

NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Magyarország, Gödöllő, Szent-Györgyi Albert út 4; Telefon: +36 (28) 511-601, varga.attila@gmgi.hu

Abstract

Mixing is one of the most important and most essential proccess in agriculture. For the drying of the granular materials, the particle velocity distribution around the mixing screws and the mixing efficienty must be determined. The causeless increase of screw angular velocity results higher power consumption and quality degradation. Experimental apparatus have to be planned for the examination of particle motion around open mixing screws. In our article we would like to demonstrate, that most of the costly experiments can be omitted, if we have a properly calibrated discrete element model of the mixing process.

Keywords: *silodryer, discrete element method, experimental apparatus.*

Összefoglalás

A keverés az egyik legfontosabb és legalapvetőbb művelet a mezőgazdaságban. Szemes termények szárításánál a keverőcsigák körül kialakult szemcsemozgások, valamint a keverési hatékonyság meghatározásának elmélete még nem teljesen kiforrott. A keverő berendezések nem megfelelő fordulatszámon való üzemeltetése nagyobb energiafelhasználással és a termény minőségének károsodásával járhat. A kialakult szemcsemozgások meghatározásához kísérleti berendezést kellett létrehozni. Munkánk során, a mérési eredményeket összevetettük a diszkrét elemes szimulációval kapott eredményekkel.

Kulcsszavak: *silószárító,diszkrét elemek módszere, kísérleti berendezés.*

1. A kísérleti vizsgálatok

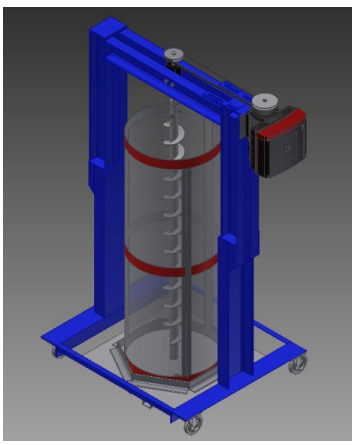
1.1.Tárolórendszerű szárítóberendezések

A szemestermények szárító berendezései közé tartoznak a vastagrétegű szárítók. A vastagrétegű szárítók esetén a szárítani kívánt anyagréteg több méter vastagságú. Ezek a szárítók a termény tárolására is kiválóan alkalmasak. Az ilyen berendezéseket silószárítóknak nevezik. Ezen típusú szárítók esetében is a legnagyobb problémát az jelenti, hogy a folyamat végeztével az anyag nedvességtartalmának eloszlása nem lesz homogén. Az inhomogenitás csökkentésére számos módszer létezik. A korszerű berendezéseknél, egy a siló tetejére szerelt terménykeverő rendszer segítségével csökkentik az inhomogenitást.[1] Az üzemeltetés során fellépő terhelések az önsúlyból, a mozgások okozta erőhatásokból és a keve-

rőcsigák által megmozgatott anyag tömegétől és mechanikai tulajdonságaitól függenek.

1.2. A kísérleti berendezés létrehozása

A keverőcsigák által létrehozott szemcsemozgás viszonyok meghatározására kísérleti berendezést hoztunk létre **(1.ábra)**. A berendezés tároló része egy 450 mm átmérőjű és 3 mm falvastagságú átlátszó plexi henger. A henger közepén helyezkedik el a keverő csiga, melyet egy hajtómotor forgat ékszíj hajtás segítségével.



1. ábra. *Az kísérleti berendezés 3D-s modellje*

A vizsgálatokat búza halmazzal végeztük. A szemcsék mozgásának meghatározásához egy színezett búza réteget helyeztünk el adott magasságban, a hengerben. Adott fordulatszám megtétele után kis átmérőjű, alul zárható plexi csövek segítségével, mintákat vettünk a halmazból **(2.ábra)**. A mintavevő csőben a színezett réteg elhelyezkedéséből adódóan meghatározható, hogy mekkora a színezett szemek függőleges elmozdulása. A következő lépésben megalkottuk a berendezés és a szemcsehalmaz diszkrét elemes modelljét és az adott fordulatszám megtétele után vizsgáltuk az elmozdulásmezőt. A mérési eredmények lehetővé tették a szimulációk validálását.

2. ábra. *A berendezés és a mintavevő pontok*

Azt tapasztaltuk, hogy a mérési eredmények és a diszkrét elemes szimulációk jó egyezést mutattak. A diszkrét elemes módszer tehát alkalmas a keverőcsiga körül kialakult szemcse-elmozdulásmező vizsgálatára.

2. A szemcse mozgásviszonyok elemzése

2.1. A diszkrét elemek módszere

A diszkrét elemes módszer (DEM) egy új numerikus eljárás a szemcsés halmazok mechanikai viselkedésének modellezésére. A DEM szimuláció lényege, hogy az összes részecske mozgásegyenletét egyenként oldjuk meg. A diszkrét elemes megközelítés nagyon hatékony, mert annak eredményei sokkal komplexebb geometriára kiterjeszthetők, mint az analitikus közelítés eredményei. A diszkrét elemes közelítés a szemcsés anyagot az egyes szemcsék mechanikai viselkedésének nyomon követésével modellezi. A közelítés során a halmazt idealizált tulajdonságokkal rendelkező szemcsék összességének tekintik. A szemcsék mechanikai kölcsönhatását erők és nyomatékok segítségével modellezik. [2]

2.2. A keverőcsiga diszkrét elemes modellje

A keverőcsigák körül kialakult szemcse mozgások modellezésére diszkrét elemes módszert használtunk. A szimulációban alkalmazott búza és keverőcsiga mikromechanikai paramétereit a következő táblázat mutatja [3].

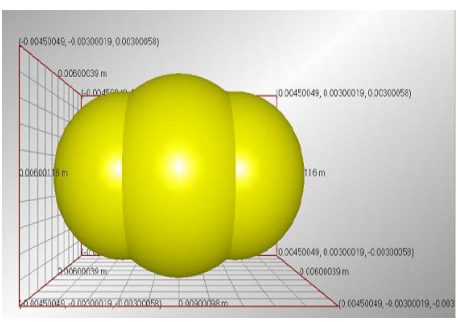
1. táblázat. *A búza és az acél mechanikai jellemzői*

-	Búza		Acél	
ν [-]	0.4		0.3	
G [MPa]	$3.58 \cdot 10^8$		$8 \cdot 10^{10}$	
ρ[kgm^{-3}]	1460		7500	
C_r [-]	0.5		0.6	
μ_0 [-]	0.3	0.6	0.25	0.45
μ_r [m]	0.01		0.01	

A táblázatban szereplő jelölések:

- ν: Poisson tényező
- G: csúsztató rugalmassági modulus
- ρ: sűrűség
- C_r: ütközési tényező
- μ_0: a szemek közötti súrlódási tényező
- μ_r: gördülési ellenállás tényezője

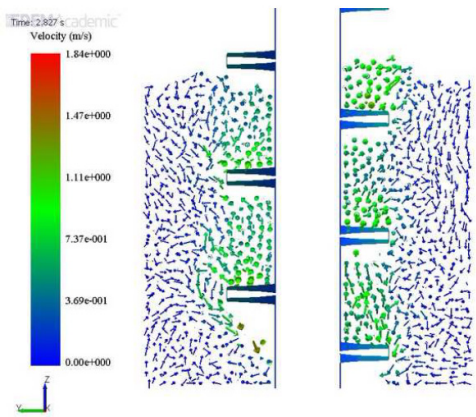
A **3. ábrán** egy búzaszem diszkrét elemes modellje látható.



3. ábra. *Egy búzaszem diszkrét elemes modellje*

A szemet 3 egymásba metsző gömb segítségével modelleztük. A középső gömb átmérője 3 mm, a két szélső gömbbé 2 mm.[3]

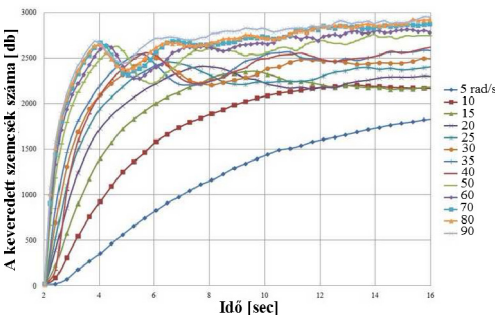
A szimuláció során csak a búzaszemcsék és a keverőcsiga kölcsönhatásával foglalkoztunk, a szemcsék és a plexihenger kölcsönhatásától eltekintettünk. Mivel az általunk kiemelt hengeres tartomány környezetében a valóságban szintén szemestermény van, a modellezés során a henger anyagtulajdonságai megegyeznek a búzáéval. A szimulációban használt keverőcsiga és henger méretei megegyeznek a kísérleti berendezés méreteivel. Különböző szögsebességek mellett vizsgáltuk az elmozdulásmezőt és a sebességmezőt. Egy tipikus sebességmezőt mutat a **4. ábra**.



4. ábra. *A sebességeolszlás a keverőcsiga körül*

Az ábrán az látható, hogy a keverőcsiga közvetlen környezetében a csiga felfelé szállítja a szemcséket és az elszállított szemcsék helyére újak áramolnak be. A csigától egy bizonyos távolságra viszont a szemcsék lefelé irányú mozgása figyelhető meg. Ebből a három mozgásból tevődik össze a keverés folyamata. A szimulációk során meghatároztuk azt a tartományt, ahol a keverés még megfigyelhető. A keverés hatékonyságának meghatározásához bevezettük az effektív sugár fogalmát. Ez az a

csiga hossztengelyétől mért távolság, amelynél a szemcsék csiga-tengely irányú sebessége a sugár mentén fellépő maximális csiga-tengely irányú sebesség értékének 10%-ával egyenlő. Az effektív sugár bevezetésével összehasonlíthatóvá válnak a különböző csigalevél átmérővel, különböző fordulatszám mellett kapott eredmények. Ezen kívül egy másik módszert is alkalmaztunk, hogy jellemezük a keverés hatékonyságát. A módszer lényege az volt, hogy a szimuláció során a hengerben elhelyeztünk 5000 db „nedves" szemcsét, majd az így kapott halmaz tetéjére még további 15000 db „száraz" szemcse került. A keverés elindítása után meghatároztuk, hogy mennyi „nedves" szemcse keveredett az eredeti 15000 db „ száraz" szemcse közé.



5. ábra. *Az elkeveredett szemcsék számának alakulása különböző fordulatszámok mellett*

Az **5. ábrá**ról leolvasható, hogy a fordulatszám növelésével egyre több „nedves" szemcse keveredik el, ami abból adódik, hogy a gyorsabban forgó csiga több anyagot kever át. Azonban egy adott fordulatszám elérése után az elkeveredett szemcsék száma, azaz a keverési hatékonyság nem nő tovább.

3. Következtetések

- A tervezett keverő berendezéssel validálhatók a diszkrét elemes szimulációk eredményei
- A diszkrét elemes módszer alkalmas a vastagrétegű szárítókban használt keverőcsigák által létrehozott szemcse mozgás viszonyok modellezésére;
- Létezik egy optimális fordulatszám, ami, mely felett már nem javul a keverés hatékonysága.

Köszönet

Köszönetet mondok Takács Sándor kollégának a sikeres közreműködésért a kísérleti berendezés létrehozásában és megvalósításában.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Arun S. M, Beke J.: *Gyakorlati szárítás*, Szaktudás Kiadó Ház Budapest, 2002.

[2] P.A. Cundall, O.D.L. Strack: *A discrete numerical model for granular assemblies*, Geotechnique 29 (1) (1979) 47–65.

[3] Istvan Keppler, Laszlo Kocsis, Istvan Oldal, Istvan Farkas, Attila Csatar: *Grain velocity distribution in a mixed flow dryer*, Advanced Powder Technology 23 (2012), 824-832.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 323–326. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.73
http://hdl.handle.net/10598/28650

GÉPKOCSI KERÉKFELFÜGGESZTÉSEK REZGÉSI TULAJDONSÁGAINAK SZIMULÁCIÓJA ÉS MÉRÉSE

ANALYSIS OF VIBRATION STATES OF CARS BY EXPERIMENTAL MEASUREMENTS AND DYNAMICAL MODEL SIMULATIONS

Varga István[1], Dezső Gergely[2]

[1]*Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézet Cím: Magyarország, 4400 Nyíregyháza Sóstói út 31/b. Telefon / Fax: +3620599400/2442, levelezési cím, dezsog@nyf.hu*

[2]*Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézet Cím: Magyarország, 4400 Nyíregyháza Sóstói út 31/b. Telefon / Fax: +3620599400/2442, levelezési cím, vargaistvan.rs@gmail.com*

Abstract

Car suspension systems were investigated experimentally on a shock absorber test bench and theoratically by simulation. It is demonstrated that results of the model shows quantitative agreement with experimental measurements.

Keywords: *quarter model, car suspension system, vibration.*

Összefoglalás

Személygépkocsik kerékfelfüggesztésének rezgési tulajdonságait vizsgáltam lengéscsillapító próbapadon méréssel, valamint számítógépes szimulációval. Sikerült olyan számítógépes modellt felépíteni, amely jó kvantitatív egyezést mutat a kísérleti eredményekkel.

Kulcsszavak: *negyedmodell, kerékfelfüggesztés, rezgés.*

1. Bevezetés, célkitűzés

A járműdinamika olyan kérdésekkel foglalkozik, amelyek alapjaiban határozzák meg egy gépjármű menettulajdonságait, biztonságát és használóinak kényelemérzetét [1]. A járműgyártók folyamatosan fejlesztik a futóműveket, ezért a dinamikai mennyiségek mérése igen fontos kérdés [2,3].

A gépjármű a szűkebb mechanikai szempontból is, és tágabb értelemben is egy összetett dinamikai rendszer [4]. Működésének modellezésére matematikai eszközök is rendelkezésre állnak. Az elmúlt néhány évtizedben az informatika rohamos fejlődésének köszönhetően a számítógépes szimuláció a kutatás-fejlesztésben hatékony és egyre szélesebb körben elérhető eszközzé vált [5,6].

Célkitűzésünk személygépjárművek rezgéseinek mérése lengéscsillapító vizsgáló próbapadon történő gerjesztés során, két gépjármű esetén, a keréknyomás változtatásával.

2. A harmonikus analízis, az FFT

Ha az általunk vizsgált folyamat szigorúan periodikus és (elméletileg) végtelen ideig tart, akkor Fourier tétele szerint megadható az alábbi alakban:

$$x(t) = \sum_{k=1}^{\infty}[c_k \cdot \sin(k\omega_0 \cdot t) - d_k \cdot \cos(k\omega_0 \cdot t)] \quad (1)$$

A valóságban a legtöbb folyamatnak nincs szigorú periodicitása, és időben végesek (lásd: **1. ábra**).

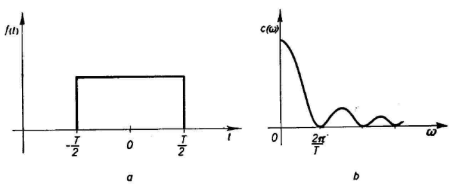
Ebben az esetben az $x(t)$ függvény előállítása:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\omega) e^{i\omega t}\, d\omega \quad (2)$$

ahol $c(\omega)$ a valós számok halmazán értelmezett folytonos függvény, az $x(t)$ Fourier-transzformáltja.

A $c(\omega)$ Fourier-transzformált előállítása:

$$c(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t}\, d\omega \quad (3)$$



1. ábra: *Nem periodikus négyszögimpulzus*

A diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) egy függvény egyenközű mintavételezésével kapott, véges számosságú adatsort alakít át szinusz függvények olyan lineáris kombinációjává, amelynek helyettesítési értékei megegyeznek a mintával.

A gyors Fourier-transzformáció (fast Fourier-transform, FFT) olyan algoritmus, amely a diszkrét Fourier-transzormáció hatékony kiszámítására szolgál. Az FFT a diszkrét Fourier-transzformáció N2 –tel arányos műveletigényét Nlog2N –nel arányosra csökkenti, így teszi azt gyorsabbá [7].

A mintavételezés jelentősen befolyásolja az FFT hatékonyságát. $N=2^n$ egyenközű mintavétel szükséges, ahol $n \geq 6$. A mintavételezés frekvenciáját úgy választjuk meg, hogy legalább kétszerese legyen a maximális vizsgálandó frekvenciának, ellenkező esetben a mintavételezés pontossága bizonytalan.

3. A mérés

A választott gerjesztő berendezés egy pusztadobosi üzemben található, a személyautók időszakos hatósági vizsgáztatásához használt Weszti-Kontrol személygépkocsi fék- és lengéscsillapító vizsgáló berendezés lett. A szerkezet lengésvizsgáló része EUSAMA-rendszerű, 24 Hz-es induló gerjesztő frekvenciával és 3 milliméteres amplitúdóval működik. A műszer a kerék által a talajra kifejtett erőt („talpnyomás”), és annak minimumát vizsgálja a gerjesztő frekvencia 0-tól 24 Hz-ig terjedő tartományában.

A rezgésmérést Sinus Soundbook típusú berendezéssel végeztük [8]. Ennek fő részei:

- Piezoelektromos szenzor és ezt a panellel összekötő vezetékek (**2. ábra**);
- Sinus Soundbook moduláris panel;
- Panasonic Toughbook CF-19 laptop;
- Samurai 2.0 rezgés- és zajmérő szoftver.

A program, amely segítségével a mérési folyamat és a kiértékelés kontrollálható, a Samurai 2.0, melyet kifejezetten zaj- és rezgésdiagnosztikai vizsgálatokhoz fejlesztettek.

A rezgésértékeket 0 és 20000 Hz közötti frekvenciatartományokban képes megjeleníteni és rögzíteni. A program segítségével a rögzített időbeli jelenség gyors Fourier-transzformációval frekvencia tartományba transzformálható, ami segíti a mérési eredmények elemzését.

A mérések alkalmával az egyik tengelylyel ráálltunk a gerjesztő talpakra.

Az érzékelőt ragasztó segítségével rögzítettük a kerékanyán, a karosszéria fém sárvédő elemén és a gerjesztő lapon egyaránt.

2. ábra: *A gerjesztő berendezés mérése*

Megállapítottuk, hogy a gerjesztési ciklus 13 másodperc terjedelmű, ezért a mérési intervallumot 15 másodpercnek választottuk. A mérések végrehajtásához két járművet használtunk fel: egy 2005-ös évjáratú, lineáris rugózású Suzuki Ignist és egy 1992-es, progresszív hátsó futóműves BMW E30-ast.

4. A modell

A modell megépítéséhez (**3. ábra**) a valós járműből a következő adatokat használtuk fel:

- A futóművek karakterisztikái
- Járművek tömege, méretjellemzői
- Gerjesztés adatai (frekvencia, amplitúdó)

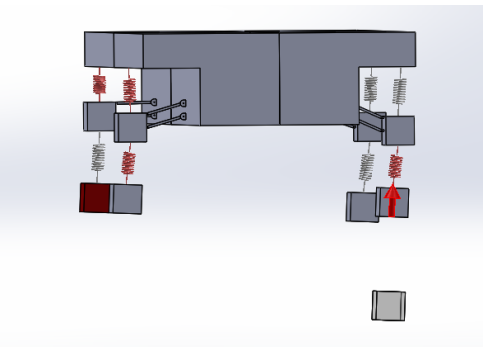
Ezeket az információkat a fentebb leírtak alapján a mérések során határoztuk meg.

Modellünk megértéséhez érdemes az alkatrészeket szintekre osztani:

- Térben rögzített kocka (a képen átlátszó)
- Talaj kockái
- A kerekeket és a járulékos tömegeiket helyettesítő testek
- A kerekeket és a karosszériát összekötő kereszt-lengőkarok (futóművenként 2 darab)
- Jármű felépítmény

Az építés során a talajt és a térben rögzített testet pozícionáltam először. A talaj kockái közül egyet nem rögzítettem, hiszen ezen keresztül kapta a jármű a gerjesztést, a többit a referenciatesttel együtt térben rögzítettem a korábban meghatározott helyükön.

A jármű kerekeit és felépítményét egyszerű negyedmodellként konstruáltam, majd ezt két lépésben tükrözve kaptam meg a teljes autómodellt.



3. ábra: *A dinamikai modell a gerjesztési folyamat közben*

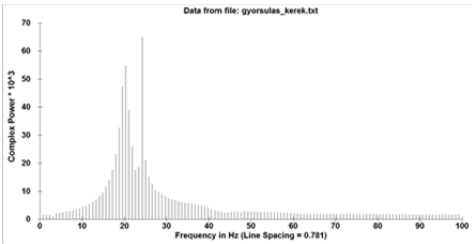
5. Eredmények összehasonlítása

A szimuláció során másodpercenként 200 mintát vettük, így a 2 másodpercnyi gerjesztés 400 adatot eredményezett. Megjelenítésére a Scope DSP 5.0 nevű szoftvert hívtuk segítségül (**4. ábra**).

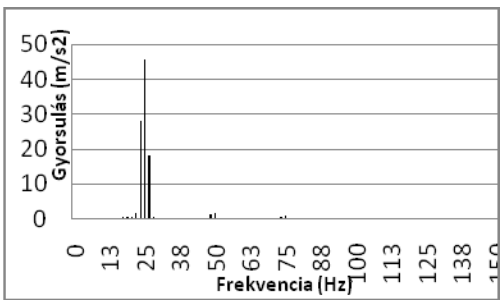
A mért adatokat az **5. ábrá**n látható módon a Samurai programból exportáltuk ki Excel formátumban.

Az amplitúdóbeli eltérések a csillapítás paraméter illesztés előtti állapotának köszönhetők, hiszen magát a csillapítást nem tudtuk pontosan megmérni. Viszont ahogyan a **6. ábra** is mutatja, megfelelően illesztett csillapítással igen nagy hasonlósá-

got tapasztalunk az eloszlás és az amplitúdók terén is.



4. ábra: *Suzuki Ignis-modell kerekének FFT-je*



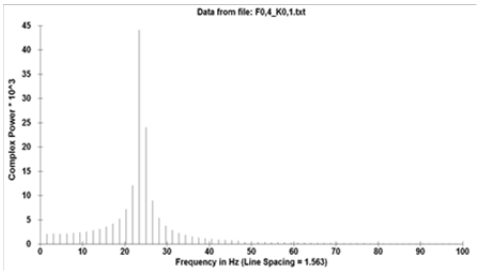
5. ábra: *Suzuki Ignis kerekének mért FFT-je*

Következtetések

A mérések eredményei visszaigazolták a szimulációs eredmények a használhatóságát. A karosszéria rezgései, mivel mi a modell felépítményét monolit szerkezetként konstruáltuk, az összehasonlításhoz zajosak voltak.

Megállapítottuk, hogy a gyorsulás-idő függvények felhasználhatósága éppúgy helytálló, mint a kitérés-idő függvények esetében.

A BMW hátsó tengelyén, bár progresszív rugókat találunk, a megfelelő méretezésének köszönhetően a vizsgálat során nem tapasztaltunk nemlineáris viselkedést



6. ábra: *Suzuki Ignis-modell kerekének FFT-je paraméter-illesztett csillapítással*

Kimutattuk, hogy a szimulációval kapott gyorsulás-idő függvény frekvencia tartományban igen jó egyezést mutat a méréssel kapott gyorsulás-idő függvénnyel.

Mindezek után elmondható, a többtest szimuláció a gépjárművek vertikális dinamikai tulajdonságait jól írja le, ezért hatékony eszköz lehet a tervezés folyamatában.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Zomotor Ádám: *Gépjármű menetdinamika*, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006, ISBN 963 212 400 6

[2] Mike Blundell, Damian Harty: *The multibody systems approach to vehicle dynamics*, Elsevier Butterwort-Heinemann, 2004, ISBN 0 7506 5112 1

[3] Giancarlo Genta: *Motor vehicle dynamics, modeling and simulation*, World Scientific Publishing Co., 2006, ISBN 9810229119

[4] Varga, I., Dezső, G.: *Kerékfelfüggesztések mozgásának dinamikai vizsgálata személygépkocsiknál*, Nyíregyházi Főiskola, TDK dolgozat, 2013.

[5] Wilfried Staudt: *Gépjárműtechnika*, „OMÁR" Könyvkiadó, Székesfehérvár, 1988, ISBN 963 85108 03

[6] Dukkipati, V. R. et al. (2008): *Road Vehicle Dynamics*. SAE International, ISBN 978-0-7680-1643-7

[7] Cooley, J. W., Tukey, O. W.: *An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series,* Math. Comput. 19, 297-301, 1965.

[8] *Samurai 2.0 Manual*, Sinus Messtechnik GmbH, 2011

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 327–330. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.74
http://hdl.handle.net/10598/28664

TAYLOR TESZT MODELLEZÉSE A JOHNSON-COOK ANYAGMODELL ALKALMAZÁSÁVAL: A HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

COMPUTATIONAL SIMULATION OF THE TAYLOR IMPACT TEST USING THE JOHNSON-COOK CONSTITUTIVE MODEL: THE EFFECT OF TEMPERATURE

Varga Péter, Gonda Viktor, Rácz Pál

Óbudai Egyetem, BGK-AGI, 1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon / Fax: +31-1-6665402, varga.peter@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Taylor impact testing is a high strain rate testing method. Although it is easy to execute, the stress state, and the deformation distribution within the specimen is complex. We examined the deformation of the specimen by the finite element method, by using the Johnson-Cook material model. We analyzed the effect of temperature on the deformation of a copper specimen at three different impact velocities.

***Keywords**: Taylor impact test, Johnson-Cook material model, finite element method.*

Összefoglalás

Az extrém nagy alakváltozási sebességű mechanikai anyagvizsgálat egyik legegyszerűbben végrehajtható módja a Taylor-teszt. Egyszerűsége ellenére igen komplex az alakváltozás lefolyása és eloszlása a próbatestben. A próbatest alakváltozását végeselemes módszerrel vizsgáltuk, ahol anyagmodellnek a Johnson-Cook modellt választottuk. Vizsgáltuk a hőmérséklet hatását egy réz próbatest deformációjára három különböző sebességű becsapódás esetén.

***Kulcsszavak:** Taylor-teszt, Johnson-Cook anyagmodell, végeselemes módszer.*

1. Bevezetés

Fémes szerkezeti anyagok nagy sebességű és nagymértékű dinamikus terhelése létrejöhet lövedékek becsapódása-kor, járművek ütközésekor, vagy nagy sebességű képlékeny alakításkor pl. robbantásos vagy elektrodinamikus alakításkor. Ilyenkor a képlékeny alak-változási sebesség mértéke $>10^3$ s^{-1} nagy-ságrendű is lehet. Az anyag makro deformációját a tömeghatás, az alakítási keményedés, a sebesség-érzékenység, valamint a képlékeny alakváltozás miatt kialakuló hőmérséklet-emelkedéssel járó lágyulás határozza meg. Az ún. Taylor ütközési vizsgálattal [1] egy hengeres alakú próbatestet egy falnak lövünk, a deformált geometriából becsülhető a dinamikus alakítási szilárdság. A próbatest alakváltozásának modellezéséhez olyan anyagmodellt választhatunk, amivel a nagy alakváltozási sebesség tartományban is jól írja le az anyagi viselkedést, pl. az Armstrong–Zerilli modellt [2] vagy a Johnson-Cook modellt [3].

Egy OFHC réz próbatest Taylor tesztjének végeselemes szimulációját hoztuk létre a Johnson-Cook anyagmodellt felhasználva három becsapódási sebesség esetén, melyek

értékeinél már képlékeny alakváltozás is létrejön, de képlékeny tönkremenetel még nem. Vizsgáltuk a képlékeny alakváltozás hatására kialakuló felhevülés okozta lágyulás hatását a kialakuló deformációra.

2. Modellezés

A Taylor teszt végeselemes szimulációját az MSC Marcban hoztuk létre. A hengeres próbatest kiinduló átmérője 7,62 mm, a hossza l_0 = 25,4 mm. A tengelyszimmetriát kihasználva síkbeli modellt készítettünk egy sugárnyi szélességgel. A hálót az érintkezési vonal (felület) irányába finomítottuk. A próbatest becsapódási sebessége (v): 130 m/s; 144 m/s; vagy 190 m/s volt. A falat merevnek és súrlódásmentesnek tekintettük.

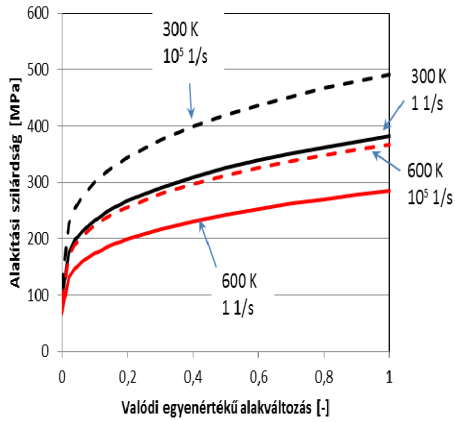
A próbatest anyagára lineárisan rugalmas-képlékeny modellt használtunk. A rugalmassági paraméterek értékei: rugalmassági modulus: 110 GPa; Poisson-tényező: 0,33. A képlékeny anyagmodellre a Johnson-Cook modellt választottuk [1]:

$$k_f = \left(A + B\varepsilon_{eq}^n\right)\left(1 + C \cdot \ln\frac{\dot{\varepsilon}_{eq}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\left(1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r}\right)^m\right) \quad (1)$$

Ahol k_f az alakítási szilárdság, ε_{eq} az egyenértékű alakváltozás, az az egyenértékű alakváltozási sebesség. Az anyagmodell paraméterei OFHC rézre vonatkozóan: A = 90 MPa; B = 292 MPa; n = 0,31; C = 0,025; m = 1,09; $\dot{\varepsilon}_0$ = 1 1/s; T_r = 300 K [1]. A modellből számított folyási görbék 300 K és 600 K hőmérsékleten, valamint 1 1/s és 10^5 1/s alakváltozási sebesség értékekhez az **1. ábrán** láthatók.

Az OFHC réz további felhasznált fizikai paraméterei: olvadáspont: T_m = 1356 K; sűrűség: 8960 kg/m^3; fajlagos hőkapacitás: 383 J·kg^{-1}·K^{-1}; hővezetési tényező: 401 W·m^{-1}·K^{-1}; hőtágulási tényező: 16,6 ppm/K.

A számítási modell csak mechanikai (M), vagy csatolt termo-mechanikai (TM) esetre futtattuk le, dinamikus tranziens (explicit) megoldóval, a single step Houbolt eljárást használva, a nagy alakváltozás opciót beállítva. Az időlépést a modál analízisből kivett 2. sajátfrekvencia értékét felhasználva határoztuk meg, majd ezt finomítottuk, 10^{-7} s körüli értéken.

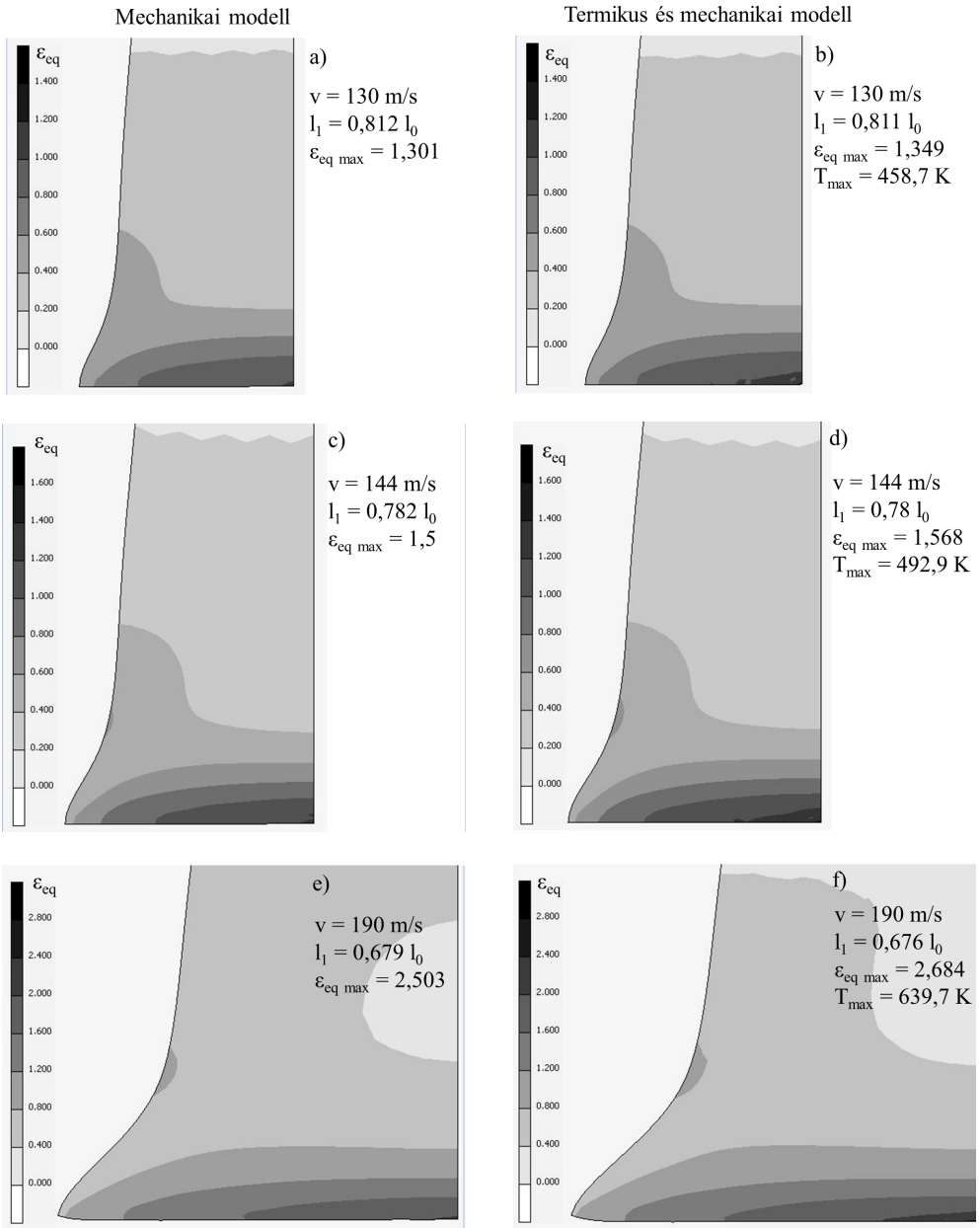


1. ábra. *A réz folyási görbéi a Johnson-Cook modellből számítva.*

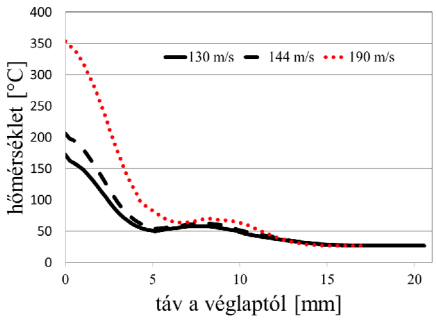
3. Eredmények és következtetések

Az alakváltozások eloszlása az ütköző felület közelében a 2. ábrán látható tisztán mechanikai modell esetére (a, c, e) ábra, valamint a képlékeny alakváltozás hatására kialakuló hőmérséklet-növekedést figyelembe véve (b, d, f) ábra. Az alakváltozás eloszlásában nincs jelentős különbség az M és a TM modell között. Az M modellben végig 300 K a hőmérséklet, a TM modellben a létrejövő legnagyobb hőmérséklet a próbatestekben 458,7 K; 492,9 K; illetve 639,7 K a 130; 144; valamint 190 m/s-os becsapódási sebesség-ekhez. A legnagyobb alakváltozás értékeit összehasonlítva az M modellben 1,3; 1,5 és 2,3-as értékeket kapunk a, a TM modellnél a lágyulás miatt a növekedés csak 5% alatti.

A próbatest ütközés utáni és ütközés előtti hosszának arányait tekintve gyakorlatilag ugyanakkora arányokat kapunk (0,81; 0,78; és 0,67) a növekvő becsapódási sebességekhez mindkét modellnél.



2. ábra. *Az alakváltozások számított eloszlása a mechanikai és a csatolt termikus mechanikai modellnél 130, 144 és 190 m/s becsapódási sebességnél az ütköző felület közelében.*

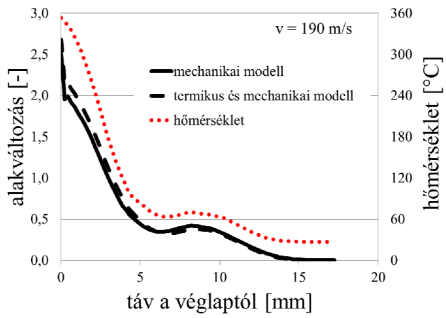


3. ábra. *A szimmetriatengelyen számított hőmérséklet 130, 144, és 190 m/s becsapódási sebességekhez.*

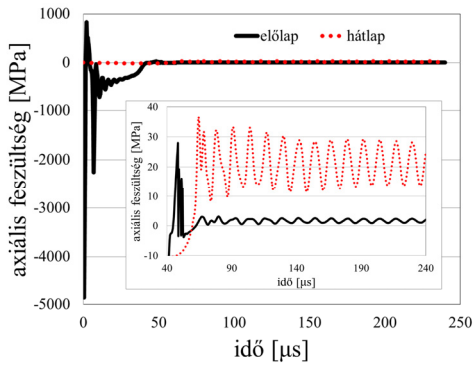
Ezek az arányok megegyeznek az irodalomban található értékekkel [1].

A hőmérséklet eloszlásokat a szimmetriatengelyen vizsgálva a maximális alakváltozás elérésekor (**3. ábra**) látható, hogy a nagy hőmérsékletnövekedés az ütköző felülethez közeli (kb. 5 mm-es) tartományban alakul ki. A két modellt összevetve a legnagyobb becsapódási sebességnél (**4. ábra**), az alakváltozások szimmetriatengelyen vett eloszlását összehasonlítva csekély különbség látható a becsapódási felület 5 mm-es közelében. Három deformációs tartomány különböz-tethető meg: a becsapódáshoz közeli (0-5 mm) nagy alakváltozási rész ($\varepsilon_{eq} > 0{,}5$), kis képlékeny alakváltozó rész ($\varepsilon_{eq} < 0{,}5$) (5-13 mm), valamint a maradó alakváltozást nem szenvedő rész (13 mm felett), itt csak rugalmas alakváltozások jönnek létre. A próbatest két felületén ébredő axiális feszültségek időbeli lefolyását az **5. ábrán** láthatjuk. A nagy, képlékeny alakváltozást okozó nyomófeszültség lecsengése után komplex módusú rugalmas lengés alakul ki a próbatestben.

A lokalizált nagy alakváltozású zónában létrejövő kb. 300 K hőmérsékletnövekedés az alakítási szilárdságot nem csökkenti olyan mértékben, hogy nagymértékben nőnének az alakváltozások, ezért a próbatest teljes hosszában sem lesz jelentős a rövidülés a hőmérséklet hatását figyelembe véve a vizsgált becsapódási sebességeknél.



4. ábra. *A szimmetriatengelyen számított alakváltozások a mechanikai és csatolt termikus és mechanikai modellre, 190 m/s becsapódási sebességnél. A csatolt modell hőmérsékletei a szimmetria-tengelyen.*



5. ábra. *A szimmetriatengely két végén számított axiális feszültségek az idő függvényé-ben. Az inzert a rugalmas lengéseket mutatja.*

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Taylor, G. I.: *The testing of materials at high rates of loading*, J. Inst. Civil Eng. 26, 1946. 486–519.

[2] Forde, L. C., Proud, W. G., Walley, S. M.: *Symmetrical Taylor impact studies of copper,* Proc. R. Soc. A 465, 2009. 769–790.

[3] Johnson, G.R., Cook, W.H.: *A constitutive model and data for metals…*, Proc. 7th Int. symp. on Ballistics, The Netherlands, 1983. 541-547.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 331–334. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.75
http://hdl.handle.net/10598/28649

FÉMHABOK STRUKTÚRÁJÁNAK ELEMZÉSE ÉS MODELLEZÉSE

STRUCTURAL ANALYSIS AND MODELLING OF METAL FOAMS

Varga Tamás Antal[1], Mankovits Tamás[2], Kocsis Imre[3], Budai István[4], Balogh Gábor[5], Gábora András[6], Kozma István[7], Manó Sándor[8]

[1]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36202268703; tomivarga27@gmail.com*

[2]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77780; tamas.mankovits@eng.unideb.hu*

[3]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77732; kocsisi@eng.unideb.hu*

[4]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77754; budai.istvan@eng.unideb.hu*

[5]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77778; balogh.gabor@eng.unideb.hu*

[6]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék; 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77704; andrasgabora@eng.unideb.hu*

[7]*Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék; 9026, Magyarország, Győr, Egyetem tér 1; Telefon: +36-96-503-400/3582; kozma@sze.hu*

[8]*Debreceni Egyetem, Ortopédiai Klinika; 4028, Magyarország, Debrecen, Nagyerdei körút 98; Telefon: +36-52-411-717/56983; manos@med.unideb.hu*

Abstract

The development of an efficient procedure for 3D modelling and finite element simulation of metal foams is one of the greatest challenges to engineer researchers nowadays. Creating 3D CAD model is alone a demanding engineering task due to its extremely complex geometry, and the proper finite element analysis process is still in the center of the research. Quantitative image analysis has also been done which gives detailed information about the structure of the metal foam. The volume ratios were derived by area fraction and line analysis as well. The two applied methods were compared. The main goal of this part of the project is to obtain structural information and to determine the homogeneity or the in-homogeneity property of the metal foam specimens taken from different locations.

Keywords: *metal foam, area fraction analysis, line analysis, line analysis, statistical evaluation, modelling.*

Összefoglalás

Napjaink mérnöki kutatásainak egyik nagy kihívása egy hatékony 3D modellező eljárás és végeselem szimuláció kifejlesztése a fémhabokra vonatkozóan. Egy 3D CAD modell létrehozása már önmagában is komoly mérnöki feladat, különösen a fémhab összetett geometriája miatt. Ezek működőképes végeselem szimulációja még mindig a kutatások középpontjában áll. Kutatásunk során kvantitatív képelemzést végeztünk, amely részletes információt ad a fémhab szerkezetéről. A térfogatarányokat területelemzéssel és vonalelemzéssel is meghatároztuk, mely módszerek eredményeit összehasonlítottuk. A projekt ezen részének az volt a célja, hogy a fémhab szerkezetről információkat gyűjtsünk, valamint a vizsgált fémhab próbatestek homogenitását, illetve inhomogenitását meghatározzuk.

Kulcsszavak: *fémhab, területelemzés, vonalelemzés, statisztikai elemzés, modellezés.*

1. Bevezetés

A vizsgálatunk anyaga zárt cellás alumínium hab, amelyet a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszéke gyártott le. A fémhabunk alapanyaga F3S.20S Metal Matrix Composite Durcalan. Mit is kell tudni a fémhabokról? Ez egy viszonylag új anyag, amelynek kiváló a hővezetési tényezője, hangszigetelő képessége, illetve nagyon jó az energia elnyelő képessége.

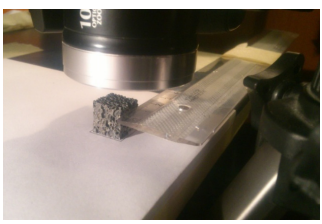
Az általunk végzett vizsgálatokra azért van nagy szükség, mivel a fémhabok felhasználási területe rendkívül széleskörű. Az autóiparban és a biomechanikában mindennapi anyagnak tekinthető. Például a fémhabok ortopédiai alkalmazásában komoly lehetőségek rejlenek, a szivacsos csontállományhoz nagyon hasonló szerkezet a csontnövekedéshez ideális körülményeket teremt, kis sűrűsége, az alapanyag jelentős teherbírása kifejezetten alkalmassá teszi a hosszú távú használatra.

Cikkünkben a fémhab struktúrájának elemzését mutatjuk be. Első lépésként a próbatestek felületeiről (16 db próbatest) makro felvételeket készítettünk. Az elkészített képek segítségével megvizsgáltuk az anyag vonalmenti sűrűségét, illetve képelemző szoftver segítségével meghatároztuk a területarányt. A vizsgálat eredményeit összehasonlítottuk és elemeztük.

Ezt követően bemutatjuk a fémhab modellezéseinek lehetőségeit, és az általunk eddig elért eredményeket, és a további célokat.

2. Fémhab struktúrájának elemzése

A következőkben a fémhab próbatestek szerkezeti felépítését (struktúráját) vizsgáltuk. Ez elengedhetetlen dolog a 3D-s modell felépítéséhez. Elsőnek a fémhab oldalairól makro felvételt készítettünk (**1.ábra**), majd ezeknek a képeknek felhasználásával meghatároztuk a test térfogatarányát.



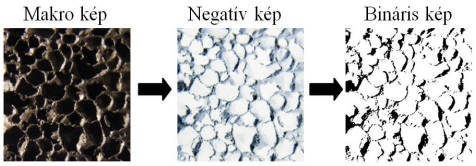
1. ábra. *Makro felvételek készítésének folyamata*

Az általunk használt két módszer a vonalelemzés (manuális úton) és a térfogatelemzés (képelemző szoftver segítségével).

A fémhab próbatestre jellemző térfogatarány mind a területelemzés módszeréből, mind pedig a vonalelemzés eredményeiből származtatásra kerültek. A két módszer által meghatározott mennyiség egymással egyenértékű [1].

2.1. Területelemzéses vizsgálat

Az általunk készített makro képeket módosítani kellett, hogy későbbiekben az elemző szoftver fel tudja dolgozni, melynek lépéseit a **2.ábra** szemlélteti.



2. ábra. *Makro felvételek szerkesztése, területelemzéshez*

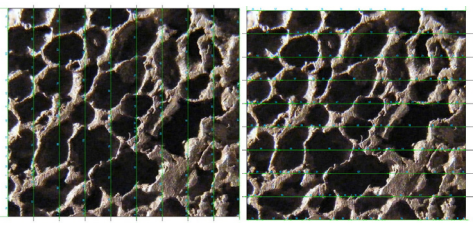
Az általunk használt képekről először negatív felvételt készítettünk, majd ezután a képet bináris képként mentettük le, amely teljes egészében csak fekete-fehér pixelekből épül fel. A képelemző szoftver úgy működik, hogy a fekete pixelek számát elosztja az összes pixel számával, és így jön ki a százalékos területarány eloszlása az adott oldalnak.

Az [2] publikáció szerint a területelemzéses módszerrel kapott eredmények elméletileg megegyeznek a test térfogatarányával.

2.2. Vonalelemzéses vizsgálat

A vizsgálat során vonalelemzéssel becsültük meg a test térfogatarányát. A próbatestek oldalairól készített makro felvételeken hajtottuk végre a vizsgálatot. Az elemzés során, a képen 10 vonalat helyeztünk függőlegesen, illetve vízszintesen, egymástól egyenlő távolságra. Ezeken a vonalakon mértük azt a szakaszt, ahol anyag van a vonal mentén, majd ezeket az értékeket összeadtuk, és elosztottuk az oldalél nagyságával (**3.ábra**). A vonalelemzéses vizsgálat során a képeket CAD szoftver (AutoCad) segítségével méreteztük be, ezzel garantálva a pontos szakasznagyság meghatározását. Ezen vizsgálati módszer előnye a pontossága, de óriási hátránya hogy nagyon időigényes, hiszen ezt a módszert kézzel kell elvégezni. A fémhab próbatest egy oldalán végzett vizsgálat körülbelül 30 perc, tehát az összes próbatest összes oldalának kielemzése legalább 48 órát vett igénybe.

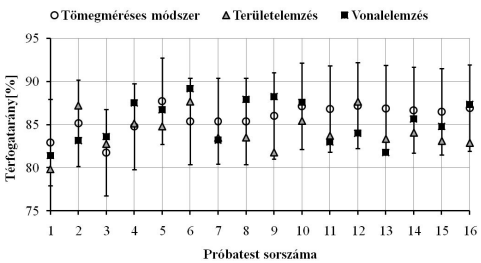
A [3] publikáció szerint a vonalelemzéses módszerrel kapott eredmények elméletileg megegyeznek a test térfogatarányával.



3. ábra. *Vonalelemzéshez szükséges méretek meghatározása*

2.3. Vizsgálati módszerek összehasonlítása

Abban az esetben, ha egy anyag második fázisa a levegő, akkor a térfogatarány meghatározható a test tömegéből. Ezt a tényt ellenőrzésként felhasználtuk a másik két vizsgálati módszer mellett. A vizsgálati módszerek által meghatározott értékeket a **4.ábra** tartalmazza [4-5].



4. ábra. *A vizsgálati módszerek összehasonlítása*

A diagramon jól látható, hogy egyes próbatesteknél a vizsgálati módszerekkel kapott eredmények közel azonosak. Az általunk elkészített két vizsgálati módszer (vonalelemzés és térfogatelemzés) közel megegyeznek a test tömegéből meghatáro-

zott térfogatarányra, tehát a vizsgálati eredményeink pontosnak mondhatóak. Levonható, hogy a területelemzéses módszer pontossága hasonló a vonalelemzéses módszerhez képeset, így a kiértékelés időszükséglete miatt azt célszerű választani.

3. Fémhab modellezési lehetőségei

A fémhab modellezésének két lehetősége van. Az egyik az, hogy statisztikai adatokból (átlagos cellaátmérő, térfogatarány, stb.) által felépítünk egy idealizált modellt, a másik lehetőség, hogy a legyártott fémhabról ipari CT felvételeket készítünk, és azt rekonstruáljuk 3D-s modellé. Mindkét eljárásnak van előnye és hátránya is. Az idealizált modell előnye, hogy néhány előre meghatározott adatból képesek vagyunk felépíteni egy modellt, de a nagy hátránya az, hogy csak megközelítőleg tudjuk szimulálni a fémhab reakcióját, hiszen ez a 3D-s modell nem teljesen egyezik meg a legyártott próbatesttel. A CT felvételnek nagy előnye, hogy ugyanazt a 3D-s geometriát tudjuk vizsgálni, mint a vizsgált fémhab. Hátrányként sajnos a 3D-s modell készítéséhez szükséges egy ipari CT berendezés, amely nagyon drága. [6]

4. Következtetések

A fémhab struktúrális vizsgálata során nagyon sok következtetést le tudtunk vonni a vizsgálati módszerekkel kapcsolatban. Az egyik legfőbb következtetésünk az, hogy a fémhab térfogatarányát viszonylag pontosan meg tudjuk határozni vonalelemzéssel és területelemzéssel egyaránt. Továbbá fontos azt kijelenteni, hogy a területelemzéses módszer is van olyan pontos, mint a vonalelemzéses, tehát nem muszáj annyi időt tölteni a vonalelemzéssel, hisz a másik módszer is van legalább olyan pontos.

A jövőbeli terveink között szerepel az, hogy a CT felvételek által meghatározott térfogatarányokat összehasonlítsuk az eddigi vizsgálati eredményekkel.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Underwood, E.E., *Quantitative Stereology*, Addison-Wesley Publishing Company, 1970.

[2] Saltykov, S.A.,*Stereometrische Metallographie*. VEB Verlag, Leipzig, 1974.

[3] Hilliard, J.E., *Measurement of Volume in Volume. Quantitative Microscopy*, McGraw-Hill, New York, 1968.

[4] Varga, T. A., Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., Manó, S., Kocsis I., *Structural analysis and its statistical evaluation of closed-cell metal foam*, Proceedings of 2st International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, Debrecen, Hungary, 10 October 2014. 178-185.

[5] Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., Varga, T. A., Manó, S., Kocsis I., *Structural analysis and its statistical evaluation of closed-cell metal foam*, International Review of Applied Sciences and Engineering, 5(2), 2014. 135-143.

[6] Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., Varga, T. A., Manó, S., Kocsis I., Tóth, L., *Structural modeling of closed-cell metal foam*, Proceedings of 2st International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, Debrecen, Hungary, 10 October 2014. 70-74.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 335–338. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.76
http://hdl.handle.net/10598/28652

SZÁMÍTÓGÉPEK HARDVERPARAMÉTEREINEK OSZTÁLYOZÁSA AZ AUTOMATIKUS REGISZTRÁLHATÓSÁG ALAPJÁN

COMPUTER HARDWARE STATE PARAMETER CLASSIFICATION BASED ON REGISTRATION AUTOMATION POSSIBILITIES

Vekov Géza

Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Matematika-Informatika tanszék, Cím: 540485, Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út, 1C; Telefon / Fax: +40-265-206210, vgeza@ms.sapientia.ro

Abstract

The functional status and performance of a technical system can be described with it's status descriptor list. The registration of these can be accomplished automatically, semi-automatically or manually. This case study presents a classification of the state parameters list of a personal computer (PC) based on the aforementioned categorization. We try to define a usable scheme for separating the parameters using software automation techniques, hardware standards information and empirical observations regarding to the reliability of collected data.

Keywords*: hardware asset management, state parameters, registration, automation.*

Összefoglalás

A technikai rendszerek funkcionális és általános állapotának megfigyelésére és követésére az állapotleíró paraméterek követése szükséges. Ezek regisztrálása adatgyűjtés, elemzés vagy nyilvántartás céljára automatizáltan, félig automatizáltan vagy manuálisan lehetséges. A dolgozat egy esettanulmány, mely a személyi számítógépek –, mint technikai rendszerek, – állapotleíróinak regisztrálhatóságával foglalkozik a fent említett osztályozás alapján. Az osztályba sorolás érdekében szoftveres automatizálási módszereket, gyártási standardok által szolgáltatott információkat és a paraméteradatok megbízhatóságára vonatkozó empirikus megfigyeléseket használunk fel.

Kulcsszavak: *hardver komponens nyilvántartás, állapotleíró paraméter, regisztrálás, automatizálás.*

1. Bevezetés

Vekov és Pokorádi munkájában [1] a technikai rendszerek állapotleíró paramétereinek regisztrálásának automatizálhatóság szerinti osztályozását írja le. Pokorádi megfogalmazásában a technikai rendszer állapota, illetve a benne lejátszódó folyamat a be- és kimenő valamint a belső jellemzőkkel írható le [2]. Előző munkáinkban [1,3] már feldolgoztuk a számítógépek hardver-komponenseinek egy nyilvántartási rendszerbe való összegyűjtését, kitérve a specifikus adatgyűjtési módozatokra. Jelen dolgozat egy esettanulmány, melyben a fent említett paraméter-osztályozási módszerrel

személyi számítógépek (PC, x86, x64 platform) – mint technikai rendszerek – hardveradatainak automatikus regisztrálási lehetőségeit elemezzük. A cél egy minél nagyobb mértékben automatizált adatgyűjtő rendszer megtervezése gyakorlati megvalósítási szempontok figyelembe vételével, és az előző tapasztalatok felhasználásával. Az automatizálhatóság fokát a paraméterek regisztrálhatóság szerinti szétválasztásával határozzuk meg. A folyamat célja az emberi tényező minél nagyobb fokú kiiktatása az adatbiztonság és konzisztencia elérésének érdekében. Ugyanakkor kiemeljük a fokozottan megbízhatatlan adatokat szolgáltató adatgyűjtő folyamatokat, melyek automatizálása instabilitást okozhat a felépítendő nyilvántartásban.

2. Felhasznált eszközök, kísérleti adatok

Az adatgyűjtési folyamat automatizáltan végrehajtható lépéseihez egy grml Live Linux disztribúció felhasználásával végezzük. A számítógépet az említett operációs rendszerrel indítjuk el, majd – az indítási folyamat részeként – személyre szabott parancsfájlokkal (script) gyűjtjük össze a szükséges, automatizáltan vagy félig automatizáltan megszerezhető adatokat. A parancsfájlokat bash és gawk környezetben írtuk meg. Egy szöveges üzemmódú felhasználói felület jelzi az adatgyűjtési folyamat előrehaladását, mely szükség esetén lehetőséget nyújt új határérték-adatok bevezetésére. A határértékekről a későbbiekben lesz még szó. Az adatok feldolgozását és standardizálását első lépésben a Live CD végzi. A rendszer esetünkben hálózaton keresztül kapcsolódik egy Microsoft SQL szerverhez, és bevezeti a kapott információkat. A folyamat végén a számítógép leáll. Az adatbázisba bevezetett paraméteradatok felülvizsgálatát és kibővítését egy felhasználók által használt Borland Delphi környezetben megírt szoftver teszi lehetővé. Ennek végeredménye egy végleges bejegyzés az adatbázis egy másik táblájába, mely minden szükséges információt tartalmaz, a tartalmi és formai követelményeknek megfelelően.

A nyilvántartás működésének jelenlegi fázisában 136701 számítógép állapotleíróinak adatai állnak rendelkezésünkre a paraméterosztályozási folyamat finomítása érdekében. A közölt százalékos adatok magukba foglalják a számítógépek módosításából származó állapotváltozásokat is (pl. hangkártyák, optikai egységek utólagos kiszerelése), ezért a statisztikai hibahatár esetenként elérheti az 5%-ot is.

Az állapotparaméter-adatok megszerzésének alapfeltétele, hogy a vizsgált számítógép, valamint annak komponensei legyenek kompatibilisek a felhasznált Linux disztribúcióval. Az modernebb komponensek felismerése érdekében a Linux disztribúciót folyamatosan frissíteni kell. Ennek ellenére a felhasznált módszerek túlnyomó többsége implementált standardok alapján működik, így, amennyiben a gyártók a standardnak megfelelően programozzák ezeket, a generikus információkat, melyek a nyilvántartás létrehozásához és fenntartásához szükségesek, meg lehet szerezni.

3. Állapotleíró paraméterek kiválasztása

Egy személyi számítógépnek valamennyi jellemzője egy állapotleíró paraméter értékével adható meg. A hardver-adatok, specifikációk összegyűjtésekor két megközelítés lehetséges, az egyik a teljes megszerezhető információmennyiség formai megkötések nélkül, illetve az előre kiválasztott paraméterlista lekérdezése, kitöltése. Az [1] és [3] tanulmányoknak megfelelően kijelenthető, hogy az aktuális projekthez szükséges állapotleíró paraméterek meghatározása nem zárja ki egyes értékek szükségességének utólagos felismerését. Így a paraméterek kiválasztását követően hasznos

lehet eltárolni egy nem szűrt információhalmazt is, melyből utólag további információk nyerhetőek ki a rendszer állapotáról. Az információhalmaz elemzésével újabb lehetőségek nyílhatnak további automatizálási lehetőségek felismeréséhez. Jelen tanulmányban egy személyi számítógép hardver-paramétereinek regisztrálhatóságát vizsgáljuk A kiválasztott lista nem teljes, ennek ellenére – az általánosság kizárása nélkül – a segítségével leírható egy személyi számítógép valamint komponenseinek fizikai állapota.

4. Automatizáltan regisztrálható állapotleíró paraméterek

Vekov és Pokorádi [1] alapján automatizáltan regisztrálható állapotjelzők, melyek emberi beavatkozás nélkül beszerezhetőek illetve standardizálhatóak. Ennek megfelelően a vezetékes hálózati csatlakozási lehetőség és a vezeték nélküli hálózati csatlakozási lehetőség jelenléte azonosítható az lspci segédprogram felhasználásával. Ez a program azonosítja a PCI sínen elhelyezkedő eszközöket, majd a pci.ids adatbázis [5] helyi másolatából lekérdezi az eszköz funkcionális kategóriáját és a gyártó által adott elnevezéseket. Az említett két eszköztípus funkcionális kategóriája minden esetben tartalmazza a „LAN”, „Ethernet” vagy „Wireless” kulcsszavakat, így ezek jelenléte garancia az eszköz jelenlétére a számítógépben. A már nyilvántartásba vett 136701 számítógép adatai között csak 67 esetben történt manuális változtatás a hálózati eszköz jelenlétét illetően (0.049%), ami az adatok helyességét alátámasztani tűnik. Ugyancsak az lspci utasítással ellenőrizhető a hangkártya jelenléte valamely számítógépben, ezek esetében a funkcionális kategóriája vagy a leírás tartalmazza az „audio” kulcsszót. Az eddigi eredmények szerint 434 esetben történt manuális állapotváltoztatás, ami a vizsgált rendszerek 0.317%-át teszik ki. Ritkán fordulnak elő, de a firewire (IEEE 1394) vezérlők is kimutathatók a PCI síneken található eszközök lekérdezésével.

Ugyancsak automatizáltan regisztrálható osztályba sorolható az optikai egységek képességeinek felmérése. A grml Linux operációs rendszer minden optikai egység részére létrehoz képességenként egy kezelőegységet, így a DVD olvasók, melyek képesek CD-t is olvasni, két különböző kezelőt kapnak: /dev/cdrom és /dev/dvd. A kezelők listáját a hwinfo segédprogram segítségével lehet lekérdezni, „--cdrom” paraméterezéssel. Az optikai egységek esetében 5.121% utólagos változtatás figyelhető meg. A merevlemezek sorozatszáma az fentebb említett hwinfo „--hdd” paraméterezésével egyértelműen meghatározhatóak.

A számítógépben található memóriamodulok mérete szintén automatizáltan regisztrálható paraméterként osztályozható, mivel az SMBIOS táblákban található információk, ha a típusát nem is, de a méretet pontosan tartalmazzák. A kimutatások szerint 16.53%-os a manuális változtatások száma, az adat viszont nem olyan releváns, mint az előzőek, figyelembe véve, hogy a számítógépek megközelítőleg 19%-ában memóriacserét hajtanak végre.. A felhasználók visszajelzése szerint a memóriaméret felismerése illetve kiszámolása pontos az SMBIOS adatok alapján.

5. Félig automatizáltan regisztrálható állapotparaméterek

Ebbe az osztályba tartozik a számítógép-merevlemezek méretének, valamint a processzorok sebességének meghatározása. A merevlemezek mérete az LBA méret alapján számolható ki az LBA*512 byte képlet alapján. Mivel az LBA ugyanazon méretek esetében is modellenként változik, egy intervallumhatáros módszer segítségével diszkretizálhatóak a méretek [1,4]. Az így kapott merevlemezméretek pontosan megfelelnek a standard kategóriáknak. Hasonló módon kezeljük a processzorok se-

bességét, melyek teljes kapacitáson is ingadozást mutatnak a nominális sebességhez képest. Például egy 2.53GHz-es processzor valós sebessége a már nyilvántartásba vett gépek esetében 2517MHz és 2545MHz közötti intervallumban mozog. A merevlemezekhez hasonlóan ebben az esetben is lehetőséget kell biztosítani az adott nominális sebességhez tartozó intervallum kibővítésére az automatizált folyamatot megszakítva, így a továbbiakban újra automatizáltan regisztrálhatóvá válik az állapotjelző. A processzorsebességek lekérdezése a /proc/cupid rendszerállomány tartalmának elemzésével valósul meg. Ugyanitt a „Gyártó-Család-Modell-Stepping-CPU string-Cache memória" értékhatos, mely a kísérletek alapján egyértelműen azonosít egy processzort (a gyártók nem ismerik el ezt a tényt) [4]. Ennek nyilvántartásba vételével az adott processzor a továbbiakban ismertnek tekinthető, tehát regisztrálása és specifikációinak megadása automatizáltan is megvalósítható.

6. Manuálisan regisztrálható állapotparaméterek

A kizárólag manuálisan regisztrálható paraméterek közül kiemelhetjük a RAM memória típusát. Habár a standardnak megfelelően meghatározott kitöltendő adatszerkezetek állnak a gyártók rendelkezésére, ezek az információk 88.278%-ban bizonyulnak hiányosnak vagy tévesnek. Az egyetlen módszer, mellyel meghatározható egy memória típusa a direkt módon történő sebességtesztelés, ami nem megbízható. Jelenleg az egyetlen pontos módszert a közvetlen vizuális megfigyelés biztosítja. Hasonlóképpen megbízhatatlan adat a rendszer sorozatszáma (hiányos vagy helytelen SMBIOS adatok) és a videokártya memóriájának automatizált lekérdezése is. Az utóbbi sok esetben nem rendelkezik saját memóriával, viszont a rendszer RAM memóriájában lefoglalt területeket dedikáltnak mutatja. A megfigyelt manuális módosítások 7.839%-ot tesznek ki.

Manuálisan regisztrálható ugyanakkor a forma, a szín, a funkcionális állapot és a létező csatlakozók (soros, párhuzamos), mivel ezek az információk nem lekérdezhetőek, vagy, az előbbiekhez hasonlóan nem megbízható adatok [1].

7. Következtetések

A dolgozatban bemutatott esettanulmány igazolhatja a paraméter-szétválasztás általunk javasolt formájának hasznosságát. Az adatminőség és adatbiztonság alapján minden paraméter meghatározott kategóriába sorolható. Ugyanakkor a már létező statisztikai eredmények hiányának pontosabb tervezést kell maga után vonnia, ennek ellenére egy megalapozott elméleti és gyakorlati áttekintés lehetővé teszi a paraméterek empirikus ismeretek nélküli kezdeti szétválasztását. Mint az általunk bemutatott példa is igazolja, a paraméterek automatikus regisztrálhatósága egy folyamatosan változó kérdéskör, melyet időről időre felül kell vizsgálni hatékonyabb megoldások kidolgozása érdekében.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Vekov, G., Pokorádi L.: *Technikai rendszerek állapotleírásának kérdései*, XV. Műszaki Tudományos Ülésszak, EME, Kolozsvár, 2015

[2] Pokorádi, L.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., ISBN 978-963-9822-06-1, 8. oldal.

[3] Vekov, G.: *Kétszintes információs rendszerek számítógépek nyilvántartásában*, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Műszaki Szemle 58, 2012, 43-48.

[4] Vekov G., „Számítógépek és hardverkomponensek. Tesztelés és nyilvántartás", Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, 2008., diplomamunka

[5] The PCI ID Repository, http://pciids.sourceforge.net, Letöltés dátuma: 2015. január 30.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 339–342. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.77
http://hdl.handle.net/10598/28651

ÜVEGTÁBLÁK TERVEZÉSÉRE FELHASZNÁLT SZABVÁNYOK

DESIGN CODES FOR GLASS SHEET DESIGN

Vekov Imre

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki kar, 400020, Románia, Kolozsvár, Constantin Daicoviciu utca, 15 szám; Telefon / Fax: +407382690, wimrew@gmail.com

Abstract

Glass sheets are the basis of design for every glass structure. Numerous standards limit the use of glass as a structural material, and help in the calculation of glass sheets. Some of the most important design codes from the world are the German DIN18008, the American E1300-12a, the Canadian CAN/CGSB-12.20, and the Australian AS 1288-2006. The present work presents these design codes and offers a comparison for a better understanding of similarities and differences in glass sheet design.

Keywords: *glass sheet, design codes, structure.*

Összefoglalás

Az üvegszerkezetek tervezésének az alapját az üvegtáblák méretezése képezi. Több szabvány is használatos, amelyek megszabják az üvegtáblák felhasználásának feltételeit és segítséget nyújtanak a méretezésben. A világ talán legjelentősebb üvegtáblák tervezésére vonatkozó szabványai a német DIN18008, az amerikai E1300-12a, és az ausztrál AS 1288-2006. A dolgozat bemutatja ezen szabványokat, és párhuzamot von, hogy jobb átláthatóságot biztosítson az üvegtáblák tervezése terén felmerülő hasonlóságokban és különbségekben.

Kulcsszavak: *üvegtábla, szabvány, szerkezet.*

1. Bevezetés

Építőmérnöki tervezéskor mindig a célország szabványait kell figyelembe venni, ezért fontos ismerni a világban használatos, sokszor más szabványok összeállításánál irányt adó szabványokat, szakcikkeket. Az üveg a műépítészek által kedvelt szerkezeti anyag, amely egyre nagyobb mértékben kerül beépítésre világszerte. A magas nyomószilárdság, a kémiai hatásokra való ellenállás, az üveget az egyik legtartósabb építőanyaggá teszi. Az üveggel való tervezést különböző szabványok teszik lehetővé, melyek általában egy-egy ország területén belül szabályozzák az üveggel való tervezés feltételeit. A világon talán a három legismertebb üvegtervezés célját szolgáló szabvány a német DIN18008, az amerikai E1300-12a, és az ausztrál AS 1288-2006. A dolgozat ezen szabványokat helyezi egymás mellé, elsősorban üvegtáblák tervezését figyelembe véve.

Az üveg, mint építőanyag esetén a fő tervezési irányelvek nem változnak, csak a forma más néhány esetben. A szerkezeti üveg világában eligazodni vágyóknak fontos ismerniük úgy a hasonlóságokat, mint a különbségeket, hogy bármely

tervezési környezet esetén könnyen eligazodhassanak.

2. A német DIN18008

A DIN18008 szabványban találhatjuk meg a német üvegszerkezetek tervezésre vonatkozó előírásokat. Az első és a második alfejezet (*Begriffe und allgemeine Grundlagen*, valamint *Linienförmig gelagerte Verglasungen*) foglalkozik az üvegtáblák tervezésére vonatkozó előírásokkal [1]. A szabvány előírja a parciális biztonsági eljárás alapján történő számolást, ahol mind a teherbírási mind a használhatósági határállapotokat figyelembe kell venni. Az igénybevételek (E_d) (esetünkben feszültségek), kisebbek kell legyenek mint a teherbírás (R_d). Az üvegtáblák igénybevételeit a szabványban megnevezett források alapján lehet kiszámolni. Az üveg viselkedését, mint lineárisan rugalmas anyagot kell figyelembe venni. A szabvány meghatározza az értékét több a szóda-lime szilikát üvegre vonatkozó tulajdonságnak, úgy mint a rugalmassági modulusnak (E = 70000 N/ mm^2), a Poisson tényezőnek (ν = 0.23), valamint a hőtágulási együtthatónak (α_T = 9.0*10^{-6}/K).

A szabvány 3-19 mm vastagságú üvegtáblákra vonatkozik, és tiltja azon üvegtáblák használatát, melyeken olyan sérülések találhatók, melyek mélyebbek a vastagság 15 százalékánál. Az üvegtábla helyzete alapján megkülönböztetésre kerülnek függőleges (dőlésszög ≤ 10°) és vízszintes üvegtáblák (dőlésszög > 10°). Különböző képletekkel számolható az üvegtábla teherbírása, az üveg típusának függvényében. Edzett üvegtáblák esetén az (1)-es képlettel számolunk, míg nem hőkezelt üvegtábla esetén figyelembe vesszük a k_{mod} tényezőt is és a módosított, (2)-es képlettel jutunk a helyes eredményhez.

$$R_d = \frac{k_c * f_k}{\gamma_M} \qquad (1)$$

$$R_d = \frac{k_{mod} * k_c * f_k}{\gamma_M} \qquad (2)$$

A képletekben megtalálható f_k tényező az üvegtábla karakterisztikus hajlítószilárdságát jelöli, a k_c tényező pedig a szerkezet típusát veszi figyelembe, értéke pedig, más kikötés híján 1. A k_{mod} tényező a nem hőkezelt üvegtábláknak a terhelési időtartamra való érzékenységét veszi figyelembe, három időtartam kategóriában.

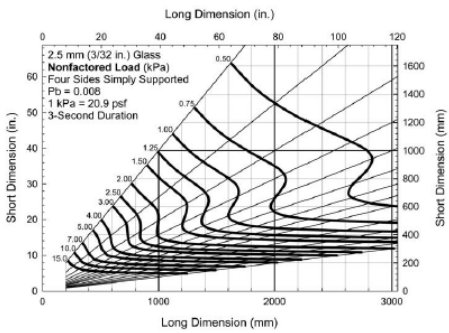
A k_{mod} tényezőt a legrövidebb ideig tartó terhelésre kell meghatározni. A teherbírási határállapot minden kombinációját le kell ellenőrizni, hiszen a teherbírás és a k_{mod} tényező is változhat kombinációnként. Ennek egyik következménye, hogy nem mindig a legnagyobb igénybevétel lesz a mértékadó a tervezés szempontjából. Laminált üveg esetén a teherbírás 10%-kal nő. Amennyiben edzetlen üvegtáblák szélei is terhelésnek vannak kitéve, a teherbírás az eredeti 80%-ára csökken.

3. Az amerikai E1300-12a

Az amerikai E1300-12a az ASTM (American Society for Testing and Materials) által kiadott, külső üvegezésre felhasznált üvegtáblák teherbírására vonatkozó szabvány [2]. A szabvány eszközöket biztosít teherbírás és lehajlás számolására, függőleges és dőlt üvegtáblák esetén. 2, 3 vagy 4 oldalon megtámasztott üvegtáblát lehetséges számolni, valamint konzolt. A számoláshoz egyenletesen eloszló terheléseket kell feltételezni, amelyek összege (önsúly, hó, szél stb. összege) nem haladja meg a 15 kPa értéket.

A szabvány által biztosított eredmények 8/1000-es törésbiztonságot biztosítanak. A számítási eredmények azt a feltételezést foglalják magukba, hogy a felhasznált üveg felületi sajátosságai megfelelnek egy olyan üvegnek, amely már több éve használatban van, éppen ezért pedig gyengébb, mint egy frissen gyártott üvegtábla. A szabvány számítási módszerei nem használhatók

olyan üvegtáblákra, melyek utókezelése csökkentette a tábla teherbírását (homokfúvás stb.). Laminált üvegtáblák esetén csak PVB (*polyvinyl butyral*) vagy egyenértékű köztes réteg esetén lehet a szabványt felhasználni. A számolások alapját egy elméleti üvegtörési modell adja, melynek eredményei grafikonokban (*NFL charts*) vannak összefoglalva a gyors felhasználás érdekében. Ezek egy 3 másodpercen át ható egyenletesen eloszló terhelésre nyújtanak eredményt, 8/1000-es törésbiztonsággal, nem hőkezelt üvegtáblák esetén.



1. ábra. *2.5 mm vastag, 4 oldalon megtámasztott üvegtábla teherbírásának számolását elősegítő grafikon.*

A tervezési folyamat során, a felhasználó, az üvegtábla méretei és a megtámasztás függvényében, kinyeri a grafikonokból a teherbírást. Ezt az eredményt szorozzuk be egy, az üveg típusát figyelembe vevő együtthatóval, valamint a terhelés hosszát figyelembe vevő együtthatóval, hogy megkapjuk a végső teherbírást. A terhelés és az üvegtábla méretei függvényében, a lehajlást is meg lehet határozni, ugyancsak grafikonok segítségével. A szabvány mellékletei tartalmaznak egy alternatív lehajlás vizsgálati módszert, tartalmazzák az igénybevétel hosszát figyelembe vevő tényezők meghatározását, különböző időtartamú igénybevételek kombinálását lehetővé tevő módszert, valamint megközelítő maximum felületi feszültség számítást is.

4. Az ausztrál AS 1288-2006

Az ausztráliai AS 1288-2006 *Glass in buildings-Selection and installation* szabvány üvegtermékek kiválasztására és beszerelésére ad útmutatót, azon esetekre, ahol szélteherre vagy üvegfalnak ütköző emberi teherre történik a tervezés [3]. Az üveg teherbírása az üveg felületén lévő húzószilárdságon alapszik. Az (3)-as képlet az az alap összefüggés, melynek teljesülnie kell.

$$S^* \leq \Phi R_u \qquad (3)$$

A képletben S^* a rugalmas analízis során meghatározott igénybevételt, míg ΦR_u a végső teherbírást jelöli. A Φ együttható 0.67-nek tekinthető a számolás során, míg R_u-t a (4)-es képlet alapján lehet meghatározni.

$$R_u = c_1 * c_2 * c_3 * f_t' * X \qquad (4)$$

A c_1, c_2, c_3 együtthatók az üveg típusát, az üveglap felületét, és az igénybevétel időtartamát veszik figyelembe. Az f_t' a karakterisztikus húzószilárdságot jelöli, és az üvegtábla szélén az (5)-ös, míg az üvegtábla belsejében a (6)-os összefüggéssel egyenlő, ahol az üvegtábla széle a tábla vastagságával megegyező szélességű sávot jelöli. Az X egy geometriai együttható, mely az üvegtábla méretétől, alakjától és megtámasztásától függ.

$$f_t' = -7.88 * ln(t) + 57.07MPa \qquad (5)$$

$$f_t' = -9.85 * ln(t) + 71.34MPa \qquad (6)$$

A szabvány a maximális lehajlást támaszköz/60 mértékben határozza meg 2, 3 vagy 4 oldalú megtámasztás esetén, valamint magasság/30-ban (hossz/30) konzolok esetén. Szélteherre való számolás esetén a szabvány feltételezi, hogy az igénybevétel rövidebb ideig tart mind 3 másodperc, és nem lépi túl a 10 kPa értéket. Ezekre az esetekre a szabvány egyszerűsített képlete-

ket és előre megadott konstansokat biztosít a számítások gyorsítása végett. A szabvány 2 és 4 oldalon való megtámasztás között tesz különbséget, 3 oldalon való megtámasztás esetén kikötve, hogy 2 oldalú megtámasztásként kell számolni. Amennyiben az üvegtábla karcsúsága nagyobb mint 5, ugyancsak 2 oldalú megtámasztással kell számolni.

5. Következtetések

Bár ez a dolgozat alapvetően a német, amerikai, és ausztrál üvegtervezésre szolgáló szabványokat vizsgálja, és világszinten ezek a leginkább alkalmazottak, fontos megemlíteni, hogy más országoknak (Franciaország, Olaszország, India stb.) is vannak hasonló szabványaik, de ugyanakkor, több ország nem rendelkezik még erre szolgáló szabványrendszerrel. Az európai szabványokat átfogó Eurocode rendszer 2020-ra tervezi az üveg Eurocode szabványrendszer kiadását.

A különböző országok szabványai között csak egy felületes összehasonlítás lehetséges, hiszen az alap-megközelítés legtöbb esetben különböző, és az ország teljes szabványhátterének az ismerete szükséges egy átfogó kép nyújtásához. A német DIN18008 alapvetően a teherbírást határozza meg, függetlenül egy tényleges üvegtáblától, míg a két nem európai szabvány esetén a végső eredmény szorosan kötődik egy üvegtáblához, minimális táblavastagság, maximális támaszköz stb. meghatározása esetén.

Alapvetően több megközelítésbeli különbség figyelhető meg, ugyanakkor viszont néhány megegyező hasonlóság, vagy olyan különböző megkötések is megfigyelhetők, melyek azonos célt szolgálnak a szabványokban. Egy példa erre, hogy a szabványok általában valamilyen formában figyelembe veszik, hogy az üvegtábla szélén több sérülés található, és sokszor ezek következtében történik meg a szerkezet tönkremenetele. A német DIN18008 80%-ra csökkenti azon üvegtáblák teherbírását, ahol a tábla szélei is terhelésnek vannak kitéve, míg az ausztrál szabvány csökkentett teherbírást ír elő a tábla szélén lévő üvegsávon.

Minden szabvány figyelembe veszi az igénybevétel időtartamát, különböző időintervallumokkal és együtthatókkal. A német és a kanadai szabvány 3-3 igénybevétel időtartamot vesz figyelembe, míg az amerikai szabvány 11-et. A szabványok mindegyike figyelembe veszi a 2 és 4 oldalú megtámasztást, de csak az amerikai szabvány nyújt konzolok esetére számítási segédletet. Minden szabvány nagyjából azonos üvegtábla vastagságok esetén alkalmazható, 3 (2.5) mm és 19 mm közöttiekre. De ugyanakkor, csak az amerikai, a kanadai és az ausztrál szabványok nyújtanak grafikonokat és táblázatokat, hogy a mérnöki számításokat leegyszerűsítsék és felgyorsítsák.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a “Collegium Talentum” intézetet a kutatási munkához nyújtott támogatásért, valamint Dr. Sandra Jordão-t és Dr. Aldina Santiago-t a kutatási munka során nyújtott segítségért.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] *DIN18008-1 Glass im Bauwesen-Bemessungs- und Konstruktionsregeln*, DIN Deutsches Institut für Normung, 2010, 1-8.

[2] *E1300-12a*, ASTM - American Society for Testing and Materials, 2009, 1-59 oldal.

[3] *AS1288-2006 Glass in buildings-Selection and installation*, Australian Standard, 2006, 1-142.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 343–346. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.78
http://hdl.handle.net/10598/28653

GYÁRTÁSI TERMÉK NYOMKÖVETÉSE RFID TECHNOLÓGIÁVAL: ESETTANULMÁNY EGY HAJÓGYÁRI KÖRNYEZETBEN

TRACKING MANUFACTURING RESOURCES WITH RFID TECHNOLOGY: A CASE STUDY FOR APPLICATIONS IN SHIPYARDS

Weis Átila Astor[1], Marcos Pedro de Botelho[2], Nagy István[3]

[1]*Federal University of Rio Grande – FURG – Center of Computer Science – C3. Av. Itália km 8, Bairro Carreiros Rio Grande – RS, Brazil. Cellphone: +36-70-510-8213, atilaweis@furg.br*

[2]*Federal University of Rio Grande – FURG – Center of Computer Science – C3. Av. Itália km 8, Bairro Carreiros Rio Grande – RS, Brazil. Cellphone: +55-53-32336878, pbmarcos@furg.br*

[3]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, nagy.istvan@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

The Brazilian naval industry is facing an expressive grown since the discovery of huge amounts of petroleum in deep ocean waters. This triggered many investments in this area to renew the naval fleet. Complex manufacturing systems as a shipyard requires a variety of different inputs. Otherwise, the automation in these areas, in Brazil, are inexpressive. One of the most expressive problem identified in the shipyard was the warehouse management. With the advancement of technology and lowering costs, Radio Frequency Identification systems (RFID) have become more viable for industrial applications like: supply chain management, inventory management and tracking products, for example. Therefore, in this paper we present a case study for tracking manufacturing resources in shipyards with RFID technology.

Key words: *RFID, tracking position, naval industry.*

Összefoglalás

A brazil hajóipar és tengerészet komoly növekedésnek indult a mélytengeri óceánokban fellelt kőolajnak köszönhetően. Ez több beruházást indított el ezen a környéken, többek között a tengerhajózási flották felújítását. A hajógyárakban komplex gyártási rendszerek szorultak felújításra. Sajnos Brazíliában ezeknek a rendszereknek az automatizálása lassan halad. Az egyik legnagyobb problémák közé tartozott a hajógyárak raktárainak menedzsmentje. Ezt a termék-szervezési, nyomkövetési problémát próbálják megkönnyíteni az alacsony árfekvésű, de fejlett RFID technológia bevezetésével az utánpótlás ellátási folyamatnál, leltári illetve termék-nyomkövetési folyamatoknál. Ebben a cikkben egy esettanulmányt írunk le a gyártás során fellépő termék-nyomkövetésre RFID technológia segítségével.

Kulcsszavak*:* RFID, nyomkövetési pozíció, tengerészeti hajóipar.

1. Introduction

The discovery of millions barrels of petroleum, never before explored, in the pre-salt layer, revived the shipbuilding industry in Brazil, dormant since the 80's. The pre-salt is a sequence of sedimentary rocks between 5 and 7 thousand meters below the sea surface. Petrobras – Brazilian Petroleum S.A. – is a state-owned company that operates in the energy field, responsible for the discovery and the exploration of the oil-fields in the pre-salt layer. With investments of R$ 11.2 billion (€ 3.5 bi), between 2007 and 2020, the company will renew and expand the fleet of ships, what boosted the shipbuilding industry in the country the past years. This demand for new oil tankers and oil platforms attracted several companies to build and modernize shipyards in Brazil. The Naval Cluster in the south of Brazil has three operating shipyards: Rio Grande Shipyard (ERG), Rio Grande Shipyard 2, Wilson Sons; and one being built: Brazilian's Shipyards [1].

One of the most expressive problems identified in the ERG, for example, was the warehouse management – when was necessary to locate products before and after being manufactured, in which there is few applied technology. This may generate losses of rework and additional costs of acquiring the same material for the production.

With application of tracking technology in manufacturing plants, like Radio Frequency Identification (RFID), will allow a higher level of automation in this process, allowing better monitoring of manufacturing resources and a better management of them. To identify them and allocate them correctly at each step of production, decreases the idle times of the equipment and reduces the production costs. This paper presents a case study for applications of RFID technology to track manufacturing resources in a shipyard.

2. The RFID technology

The automatic identification is related to methods that automatically identifies objects, collect data about them, and enter it directly into computers systems, without the intervention of a human [2]. The main objective of these systems is to increase the efficiency, reduce errors and release staff to perform higher added value work.

RFID systems works with three different entities: tags, readers and servers. The RFID tags are silicon-based microchips transponders, with a unique serial number (ID), and an antenna to receive and transmit signals. The communication between the reader and the tags is done through radio waves. There are three different types of tags: active, passive and semi-passive [3]:

- An active tag has an internal battery responsible to power the radio frequency (RF) circuit;
- A passive tag has no internal power supply and uses the energy from the reader's radio waves to power the RF circuit;
- The semi-passive tags communicate like the passive ones, but has an internal battery to power others circuits, like sensors and memory.

The active tags could communicate in distances that reaches 90 meters from the reader otherwise, in the semipassive tags the communication is more restricted and with the passive ones, reaches only few meters. Passive tags have smaller dimensions and lower costs comparing with the active ones, but their functionality is reduced as well.

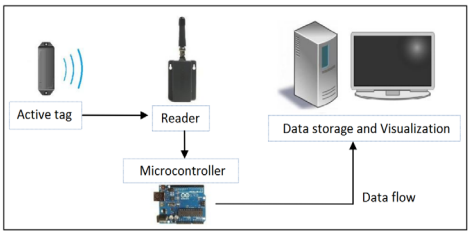
After all, one or more servers store the relationship tag ID-object and receive the information from the readers to perform calculations such as position tracking or access control.

3. Proposal

To move huge metal pieces, parts of the ship that is being built, is used a special truck, named KAMAG. These vehicles are able to carry 1.000 tons each one, and combined, could reach 5.000 tons. Today, three of these trucks are being used in the ERG. This project has the objective to track the position of those trucks inside the total area of the shipyard and be able to show the current position during the drive period. This way, it will allow a better management of this resource and identify idles periods.

To do that, it will be implemented a RFID network into the shipyard. It was selected the reader RX202 and the active tags IP67, both from Wavetrend company. The data received from the reader is the tag ID and the signal strength (RSS). The attenuation of the emitted signal strength is function of the distance between the receiver and the emitter. Having a tag into a grid of readers, and knowing the correct position of each reader, it is possible, by different mathematical methods, determine the position of the tag, using the RSS data received from each reader. We selected the trilateration method – it has a good precision and requires little computational effort, comparing to the others ones [4].

Usually, the tag is fixed in the object that is being tracked, but knowing that the maximum distance between the reader and the tag selected that allows the communication is 20 meters, and the total area of ERG is 550,000 m², the total number of readers necessary to reach all the shipyard's area would be economically unviable. The cost of the reader is much higher than the tag, because of this, it was decided a different approach: to reverse the relationship reader-tag: put the reader in the object tracked and the tag in a fixed position. To do this, the problem was how to fix the readers in the trucks and stablish the communication with the servers – usually done by RS232 network.



1. Figure. *The system components*

To establish the wireless communication between the reader and the server, it was developed a microcontroller interface, see in „FIGURE 1" the components of the system. The microcontroller chosen was the Arduino, because is a low cost open-source electronic platform. The wireless communication is made through Xbee radio module.

A generic RFID communication framework [6] was adapted to be installed in the microcontroller, allowing the communication with the reader. A local storage module was developed making the microcontroller able to store the received data locally (in a SD-card) if the communication with the server was lost. Another module enabling the communication peer-to-peer between two Xbee modules was also adapted.

The server receives the data from the Xbee interface and store all the information into a SQL database. A visual interface developed in Allegro shows to the user the position of each truck and the current time into the RFID grid. The user can generate reports with all tracked positions within a given period. This could be used to solve shorter path problems, design better trajectories and increase the activity of the trucks, decreasing the production costs.

4. Conclusion

This paper proposes a RFID network prototype that could track some resources applied in the shipbuilding manufacturing.

In the future, it could help the warehouse management by simple adding a tag in the products stored. This way, the truck will localize the correct piece among others just passing by the storage area.

The first prototype built was tested in a controlled environment and approved. The access to the shipyard is restricted because it offers various accidents risks and runs 24 hours per day. For these reasons, it was not possible to test the current prototype in the field yet, what is expected to be working the end of this year.

Acknowledgment

This article was developed during the exchange program Science Without Borders, supported by the Brazilian government institutions: CAPES and the Ministry of Education.

This work was also sponsored by the Hungarian National Scientific Fund (OTKA 105846). The project was realized through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund, TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002.

References

[1] Santos, E. B: *Rastreamento em ambientes de construção e montagem naval*. Rio Grande, RS: [s.n.], Jul. 2012.

[2] Kwok, S. K., Tsang A. H. C., Ting J. S. L., Lee W. B., Cheung, B. C. F: *An intelligent RFID-based electronic anti-counterfeit system (InRECS) for the manufacturing industry* Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control, 2008, nt.ntnu.no

[3] Hillbrand, C., Robert, S: *Shipment Localization Kit: An Automated Approach for Tracking and Tracing General Cargo*, Management of Mobile Business, 2007, ieeexplore.ieee.org

[4] Bouet, M., Dos Santos, AL: *RFID tags: Positioning principles and localization techniques*, Wireless Days, 2008, ieeexplore.ieee.org

[5] Grandi, E. L: *iTraking - Um framework para rastreamento através de RFID*, Rio Grande, RS: [s.n.], Dez. 2014.

XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 347–350. DOI: 10.33895/mtk-2015.03.79
http://hdl.handle.net/10598/28654

ERŐVISSZACSATOLT HIDRAULIKUS EMELŐBERENDEZÉS MODELL MEGVALÓSÍTÁSA IPARI ESZKÖZÖKKEL

IMPLEMENTATION OF FORCE FEEDBACK LIFTING EQUIPMENT MODEL WITH INDUSTRIAL DEVICES

Zilahi Krisztián László[1], Szabó Norbert[2], Piros Sándor[3]

[1]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4,imkrisztian@hotmail.com*

[2]*FESTO Kft., 1037, Magyarország, Budapest, Csillaghegyi út, 32-34, Telefon: +36 (1) 436-5111, norbert_szabo@festo.com*

[3]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, piros@eng.unideb.hu*

Abstract

Lifting equipment are used in many fields of industry. In this paper, we will introduce a special construction of an electro-hydraulic lifting equipment application which is regulated by an electro-pneumatic force feedback controller. The created system can be used in special fields, where the physical feedback is important for the operator of the lifting process. To ensure the reliability, we used industrial sensors, actuators and controller units in the system.

Keywords: *hydraulics, PLC, closed-loop control, lifting equipment, force-feedback.*

Összefoglalás

Az iparban számos területen alkalmaznak emelőberendezéseket. A tanulmányban egy speciális elektrohidraulikus emelőberendezés modelljének létrehozását mutatjuk be, mely egy erővisszacsatolásos, elektropneumatikusan működtetett munkahenger segítségével szabályozható. A létrehozott rendszer alkalmazható olyan területeken, ahol a kezelő számára fontos, hogy fizikai visszahatása legyen az emelési folyamatnak. A megbízhatóság érdekében a berendezés érzékelő, végrehajtó és vezérlő egységei, ipari eszközök segítségével kerültek kialakításra.

Kulcsszavak: *hidraulika, PLC, szabályozás, emelőberendezés, erővisszacsatolás.*

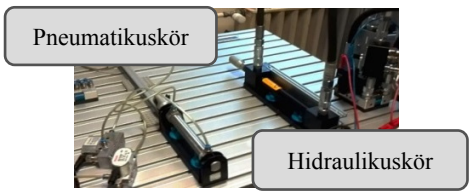
1. Bevezetés, előzmények

Hidraulikus végrehajtóegységek alkalmazása számos területen előfordul az iparban. Ezen egységek mozgatására több féle megoldást dolgoztak már ki.Lehetséges a munkahengereket, összetett kinematikai lánc (például földmunkagépek, markolók) esetén,analóg alapjelképző (joystick) segítségével irányítani [1].Egyes helyzetekben, veszélyes vagy a kezelő számára elérhetetlen, veszélyes munkakörnyezet esetében az elvégezendő folyamatot a kezelő egy teleoperációs rendszer segítségével végzi el.Ilyen rendszerek esetében az irányító és a végrehajtó berendezést térben elválasztva helyezik el egymástól, ezzel létrehozva egy master - slave kapcsolatot [2].

A rendszer kialakítása során figyelembe vettük a jelenlegi megoldásokat, alkalmaz-

va azok előnyös tulajdonságait. Az emelőberendezés biztonságos üzemét a felhasznált ipari fluid elemek és ipari programozható logikai vezérlő (PLC) biztosítja.

2. Az emelőberendezés modell bemutatása



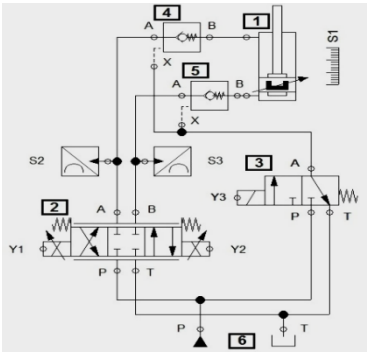
1. ábra. *Az emelőberendezés hidraulikus és pneumatikus egységei*

A dolgozat alapjául az elkészített emelőberendezés modell (1. ábra) szolgál. A modell főbb részegységei: a végrehajtó egység, mely a teher süllyesztését, illetve emelését végzi, a hidraulikus kör,amelyet a kezelő egy pneumatikus körrel tud működtetni, a vezérlő egység,a számítógépen futtatható megjelenítő és mérésadatgyűjtő alkalmazás, és egy mobileszköz, mellyel a távvezérlési funkció végezhető. A fluid egységeket a FESTO DIDACTIC oktatókészlet elemeiből építettük fel.

2.1. A hidraulikuskör felépítése

Azemelőberendezés végrehajtó egységét egy hidraulikus kör(**2. ábra**) alkotja.A hidraulikus kapcsolásta FESTO FluidSim programmal rajzoltuk meg.

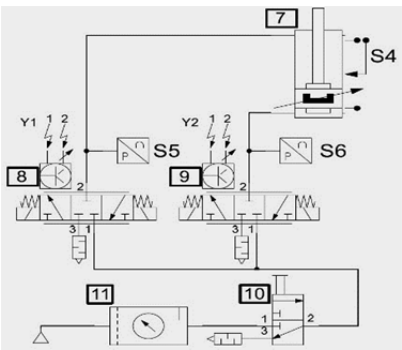
A hidraulikus kör fő egységei: egy hidraulikus munkahenger és egy 4/3-as proporcionális útszelep. A 3/2-es útszelep és a vezérelt visszacsapó szelepek biztonsági funkciót látnak el (a henger zuhanásgátlását áramkimaradás vagy nyomásesés, csőtörés esetén).A hidraulikus munkahenger pozíciójának meghatározásához a munkahengerhez rögzítettútadó szenzort használtunk fel. A henger által kifejtett eredő erő meghatározásához egy-egy nyomásmérő szenzorthelyeztünk el a munkahenger munkacsatlakozásain.



2. ábra. *A hidraulikus kör kapcsolási rajza*

2.2. A pneumatikus kör bemutatása

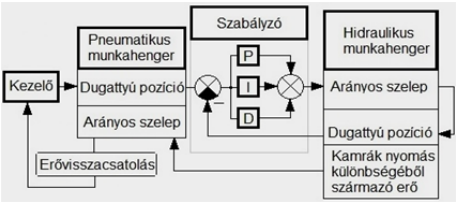
Az emelőberendezés működtetése egy pneumatikus munkahenger mozgatásával történik. ARexroth D&C Scheme Editor program segítségével megterveztük a pneumatikus kapcsolást (**3. ábra**).



3. ábra. *A pneumatikus kör kapcsolási rajza*

Az emelőberendezésműködtető karjának funkcióját a pneumatikus munkahenger tölti be, így a henger dugattyújának pozíciója szolgáltatja a referencia jelet az emelő hengernek. A pozíciót egy útadó szenzor határozza meg.A kezelő számára az erővisszahatást a pneumatikus munkahengerre kötött két elektropneumatikus nyomásszabályozó biztosítja.

3. Az emelőberendezés irányítása



4. ábra. *A komplex rendszer hatásvázlata*

Az emelő mozgatásához szükséges egy vezérlőegység (FESTO CPX-CEC típusú PLC) mely a modellben elhelyezett szenzorok adatait feldolgozza, és szabályozza a komplex rendszert (4. ábra). A szabályozás kialakítása azért szükséges, hogy a működtető kar- mely a szabályozás alapjel képző szerve - helyzetének függvényében az emelőhenger pozícióra történő beállása létrejöhessen.

3.1. A PID szabályozó implementálása

A szabályozáshoz egy diszkrét PID szabályozó funkcióblokkot készítettünk el a PLC-re. A folytonos PID szabályozás átviteli függvénye:

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t)dt + K_D \frac{d\,e(t)}{dt} \qquad (1)$$

ahol: K_P: arányos átviteli tényező, K_I: integráló átviteli tényező [1/s],K_D: differenciáló átviteli tényező [s],$e(t)$: az aktuális hiba az alapjel és a visszacsatolt jel között.

Az (1)-es számú összefüggés és a PLC programfuttatási struktúrája alapján meghatározható a programkódba implementálható diszkrét PID szabályozó átviteli függvénye pedig:

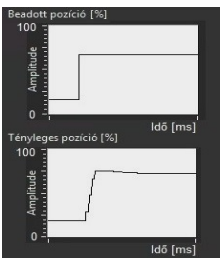
$$u(k) = K_P e(k) + K_I \frac{e(k)+e(k-1)}{2} * 0{,}01s + K_D \frac{e(k)-e(k-1)}{0{,}01s} \qquad (2)$$

ahol:$e(k)$: hiba az aktuális ciklusban,$e(k-1)$: az előző ciklusban számított hiba értéke.

A (2)-es számú egyenlet alapján felvettüka funkcióblokk változóit, majd elkészítettük a programkódot.

3.2. A szabályozás kompenzálása, vizsgálata

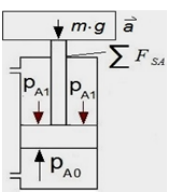
A szabályozás kompenzálását a Ziegler – Nichols frekvencia válasz módszere szerint végeztük el. Meghatároztuk a kritikus erősítési tényezőt (K_{PKRIT}), valamint az ahhoz tartozó lengések periódusidejét(T_{KRIT}), majd a hangolási összefüggések alapján kiszámoltuk a rendszer időállandóit (K_P, $T_I \rightarrow K_I$, $T_D \rightarrow K_D$). Ezen értékek meghatározásának segítségével hangoltuk be a szabályozási kört [3]. A hangolás folyamatát LabVIEW alkalmazáson keresztül végeztük.



5. ábra. *Vizsgálat az egységugrás függvényre*

A szabályozás az egységugrás vizsgáló függvényekre adott válaszfüggvénye az 5. ábrán látható. A hidraulikus munkahenger az átmeneti állapotban kis túllendüléssel, az emelési feladat ellátásához kellően gyorsan és pontosan, valamint lengés nélkül veszi fel pozícióját. A munkahenger állandósult állapotban tartja pozícióját, kisebb erőhatásokra sem tér ki abból.

4. Az erővisszacsatolásszármaztatása a terhelés függvényében



6. ábra. *A hidraulikus munkahenger által kifejtett erő származtatása*

A hidraulikus munkahenger kifejtett erejének származtatása a **6. ábrán** látható, ahol: p_{A1}: a hidraulikus munkahenger dugattyúrúd oldali töltőnyomása,p_{A0}: a hidraulikus munkahenger dugattyúrúd nélküli oldal töltőnyomása.

Továbbá felírható az alábbi egyenlet:

$$F_A(t) = p_{A1}(t) \cdot A_2 - p_{A0}(t) \cdot A_1 - \sum F_{sA}(T_k, t, v) = -(m \cdot g + m \cdot a(t)) \qquad (3)$$

ahol:$F_A(t)$: a hidraulikus munkahenger által kifejtett pillanatnyi erő,A_1: a hengerben lévő dugattyú felületének nagysága,A_2: a dugattyú dugattyúrúd felőli felületének nagysága,$\sum F_{sA}(T_k, t, v)$: a súrlódásokból fellépő pillanatnyi erők összessége, *m*: a mozgatandó teher tömege, *g*: a gravitációs gyorsulás, *a(t)*: a teher aktuális gyorsulása.

Az emelésből visszaható erő meghatározható a (3)-as számú egyenlet alapján. Jelenesetben a súrlódásból származó erőktől eltekintettünk. A kiszámított terhelőerővel arányos nyomást - annak előjelétől függően – a nyomásszabályozó szelepek állítják elő a pneumatikus munkahengerben. Az mozgatási folyamat alatt a hidraulikus munkahenger által kifejtett erő, a súlyerővel és a gyorsulásból származó erővel tart egyensúlyt. A fenti összefüggéseknek megfelelően elkészítettük az erővisszacsatolás PLC programját.

5. Továbbfejlesztési lehetőségek, alkalmazási területek

Összetettebb megfogási és mozgatási folyamatok ellátása az emelőberendezés kinematikai láncának bővítésével biztosítható (többtengelyes manipulátor).

A programozható logikai vezérlőre megírt PID szabályozást kiegészítve automatikus hangolás funkcióval,a rendszer könnyebben lenne csatolható különböző végrehajtó egységekhez is.

A rendszer felhasználható földkitermelő-rakodógépeknél, ahol előfordulhat, hogy a munkafolyamat közben a földben lévő vezetéket, kábelt sért meg a gép, az erővisszacsatolással ezek a balesetek nagyrészt elkerülhetőek lennének. Ezen esetben a rendszer könnyen telepíthető, mivel a munkagépek is hidraulikus segédenergiával üzemelnek.

6. Összegzés, következtetések

Létrehoztunk egy emelőberendezés modellt, melynek segítségével a felhasználó olyan emelési, manipulációs feladatok elvégzését tudja végrehajtani, melynél fontos a folyamat fizikai visszacsatolása. Továbbá az elkészített rendszerrel teleoperációs feladat is végezhető. A rendszer kinematikai láncának bővítése esetén a kezelő számára egyszerűbb, egyértelmű felhasználást biztosít, a joystick-os megoldásokhoz képest.

Megterveztünk egy pneumatikus kapcsolást, amelyben a felhasznált arányos nyomásszabályozók segítségével az erő visszacsatolás pontosan szabályozható.

Összeállítottunk egy - az aktuátor funkcióját betöltő - hidraulikus kört, mellyel könnyen mozgathatóak nagy tömegű terhek.

Elkészítettük a berendezés irányítóegységeként felhasznált PLC programkódját, melynek rugalmasságából adódóan, az könnyen konfigurálható különböző fluid végrehajtóegységekhez [4].

Szakirodalmi hivatkozások

[1] J. Yoon, A. Manurung: *Development of an intuitive user interface for a hydraulic backhoe*, Elsevier: Automation in Construction 19 (6), 2010, 779-790. oldal.

[2] S.Hirche, M.Buss: *Human-Oriented Control for Haptic Teleoperation*, Proceedings of the IEEE 100 (3), 2012, 623-647. oldal.

[3] *Holtidős folyamatok szabályozása* http://www.ms.sapientia.ro/~martonl/Docs/Lectures/Holtidos_Folyamatok_Iranyitasa.pdf Letöltve: 2014. 11. 12.

[4] *A rendszer működése, videó*: https://www.youtube.com/watch?v=sIoi49zT8pUMegtekintve: 2015. 02. 01.

SZERZŐK JEGYZÉKE

LIST OF AUTHORS

A, Á

ÁGOSTON János, 47
ALMÁDI Bernadett, 51, 287
ANGI Norbert, 55
ASZTALOS Lilla, 315

B

BABLENA Adrienn, 59
BAGYINSZKI Gyula, 63, 91
BALÁZSI Csaba, 25
BALOGH Gábor, 331
BARANYAI Dávid, 67
BARÁNYI István, 71
BARTHA László, 135, 183, 235
BENCS Péter, 127
BERA Bálint, 75
BÉRES Gábor, 79, 83
BERTALAN Nikolett, 87, 175
BITAY Enikő, 63, 91, 207, 239
BOCSI Róbert, 95, 163, 223
BODNÁR Ildikó, 143
BODNÁR István, 99, 103, 179, 219
BOLDIZSÁR Csongor, 103
BORBÉLY László, 107
BOROS Norbert , 259
de BOTELHO Marcos Pedro, 343
BUDAI István, 331

C

CARDOSO Henrique Venga, 111
CAVALCANTI Marília Cordeiro, 203
CSIZMADIA Béla, 271
CSÜLLÖG Mihály, 115
CZAP László, 119
CZIFRA Árpád, 243

D

DANYI József, 79, 83
DARVAY Zsolt, 123
DEZSŐ Gergely, 323
DELIU Gheorghe, 55
DINIZ Lucas Mesquita, 111
DOBRÁNSZKY János, 191, 315
DOROGI Dániel, 127
DRÉGELYI-KISS Ágota, 131, 295
DUDÁS Illés, 31

E

ELEKES Andrea, 135

F

FALUDI Botond, 255
FELDE Imre, 227
FIÁL Ádám, 139
FORGÓ Zoltán, 247
FÓRIÁN Sándor, 87, 143, 175, 259
FRIED Zoltán, 147

G

GÁBORA András, 331
GARAMVÖLGYI Ernő, 303
GÁRDONYI Péter, 151
GELENCSÉR Balázs, 243
GÖCS László, 155
GONDA Viktor, 283, 327

H

HANÁK László, 95, 163
HERCZEG Zoltán, 159
HODAI Zoltán, 95, 163
HOLCZER Emil, 207
HORVÁTH Géza, 95, 163, 223
HORVÁTH Richárd, 131, 167
HRICZÓ Krisztián, 171

J

JOHANYÁK Zsolt Csaba, 155

K

KACSÓ Irén, 239
KÁTAI László, 151
KEREKES Gábor, 227
KOCSIS Dénes, 87,175
KOCSIS Imre, 331
KOCSISNÉ Baán Mária, 227
KOÓS Dániel, 179
KORMOS Fiammetta, 207
KOTHENCZ Réka, 183, 235
KOVÁCS-COSKUN Tünde, 187
KOZMA Bálint, 191
KOZMA István, 331
KULCSÁR Gyula, 195
KULCSÁRNÉ FORRAI Mónika, 195

L

LÁSZLÓ Zoltán, 199
LEITE Clayton Frederick Souza, 203
LUKÁCS Judit, 167

M

MANCIULA Dorin, 207, 239
MANKOVITS Tamás, 331
MANÓ Sándor, 331
MÁRIÁS Nimród, 211
MÁRTON Péter , 215
MATKÓ Andrea, 115
MÁTRAI Zsolt, 219
MOLNÁR Éva, 223
MUCSI András, 227, 231

N

NAGY István, 159, 343
NAGY Nándor, 131
NAGY Roland, 135, 183, 235
NAGYNÉ HALÁSZ Erzsébet, 267
NYULAS Dorottya, 239

O

OLIVEIRA Ricardo Do Amaral , 251

P

PALÁSTI-KOVÁCS Béla, 243
PÁSZTOR Judit, 247
PEREIRA Joao Vitor Martins Rodrigues, 251
PÉTER Álmos Lehel, 255
PETRÁNYI Andrea, 259
PINKE Péter, 187
PINTÉR Judit Mária, 119
PIROS Sándor, 347
POKORÁDI László, 75, 263, 275, 311
POVORAI Gábor, 231

R

RÁCZ Pál, 107, 327
RÉGER Mihály, 267
RÉTI Tamás, 267
REZSABEK Tamás, 51
RIPPELNÉ PETHŐ Dóra, 95, 163, 223

S

SAFRANYIK Ferenc, 271
SALAGVÁRDI Noémi, 143
SIPOS Tibor, 67
SUTEU Hunor, 199

SZ

SZABÓ István, 151
SZABÓ Norbert, 347
SZABÓ Szilárd, 279
SZAMOSI Barna, 275
SZASZÁK Norbert, 279
SZERENCSÉS Ádám, 283
SZILÁGYI Tibor Pál, 51, 287

T

TAKÁCS Petra-Renáta, 123

TALPAS János, 291
TOLNAI András, 111
TOLVALY-ROŞCA Ferenc, 199, 211, 255
TÓTH Georgina Nóra, 195
TÓTH János, 307
TÓTH László, 39
TÓTH Levente Ferenc, 299
TÓTH Norbert, 303
TÓTH Tamás,287
TÓTH Xénia Erzsébet, 307
TRÁJ Krisztina,311

U

UDROIU Răzvan, 55
UZONYI Sándor, 315

V

VÁGÓ Árpád, 135, 183, 235
VASILONI Mircea, 55
VARGA Attila, 319
VARGA István, 323
VARGA Péter, 327
VARGA Tamás Antal, 331
VÁRÓ Kata Anna, 115
VÉGVÁRI Ferenc, 79, 83
VEKOV Géza, 335
VEKOV Imre, 339
VERESS Erzsébet, 207, 239

W

WEIS Átila Astor, 343

Z

ZILAHI Krisztián László, 347

TÁMOGATÓ / SPONSORED BY

Proiect realizat cu sprijinul
Primăriei şi Consiliul Local Cluj-Napoca

PRIMĂRIA ŞI CONSILIUL LOCAL
CLUJ-NAPOCA

VISIT CLUJ-NAPOCA
The Heart of Transylvania

Cluj-Napoca 2015
Kolozsvár Klausenburg
European Youth Capital

Susţinem:

CLUJ-NAPOCA 2021
ORAŞ CANDIDAT PENTRU
CAPITALA CULTURALĂ EUROPEANĂ