A XVI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XVI-TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF TECHNICAL SCIENCES

4. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET

2016

A XVI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XVI-TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF TECHNICAL SCIENCES

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE

4.

ISSN 2393 – 1280

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

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE

4.

A XVI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XVI-TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF TECHNICAL SCIENCES

Szerkesztette / Edited by
BITAY ENIKŐ – MÁTÉ MÁRTON

ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET
Kolozsvár
2016

A kötet megjelenését támogatta a Magyar Tudományos Akadémia,
a Bethlen Gábor Alap, a Kolozs Megyei Tanács, a Communitas Alapítvány
és az EME Műszaki Tudományok Szakosztálya

The publication of this volume was supported by the Hungarian Academy of Sciences,
the Bethlen Gábor Fund, the Cluj County Council, the Communitas Foundation
and the TMS – Department of Engineering Sciences

Copyright © a szerzők / the authors, EME/ TMS 2016

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, Máté Márton
Olvasószerkesztő / Proofreader: Kerekes György
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/10598/29717

DOI: 10.33895/mtk-2016.04

A XVI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI
(KOLOZSVÁR, 2015. NOVEMBER 21.)

PROCEEDINGS OF THE XVI-TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF TECHNICAL SCIENCES
(CLUJ, NOVEMBER 21. 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, Talpas János / Csaba Gyenge, János Talpas

TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG / LEKTOROK

Bagyinszki Gyula (Budapest)
Bakó László (Marosvásárhely)
Barabás István (Kolozsvár)
Bitay Enikő (Marosvásárhely)
Csibi Vencel-József (Kolozsvár)
Dávid László (Marosvásárhely)
Dobránszky János (Budapest)
Dudás László (Miskolc)
Forgó Zoltán (Marosvásárhely)
Forizs Edit (Kolozsvár)
Gobesz Ferdinánd-Zsongor (Kolozsvár)
Gyenge Csaba (Kolozsvár)
Hollanda Dénes (Marosvásárhely)
Kakucs András (Marosvásárhely)
Kelemen András (Marosvásárhely)
Kerekes László (Kolozsvár)
Losonczi Lajos (Marosvásárhely)
Márton László (Gyergyószentmiklós)
Máté Márton (Marosvásárhely)
Szabó Péter (Budapest)
Tóth László (Debrecen)

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD / PEER REVIEWERS

Gyula Bagyinszki (Budapest, Hungary)
László Bakó (Tîrgu Mureș, Romania)
István Barabás (Kolozsvár)
Enikő Bitay (Tîrgu Mureș, Romania)
Vencel-József Csibi (Cluj, Romania)
László Dávid (Tîrgu Mureș, Romania)
János Dobránszky (Budapest, Hungary)
László Dudás (Miskolc, Hungary)
Zoltán Forgó (Tîrgu Mureș, Romania)
Edit Forizs (Cluj, Romania)
Ferdinánd-Zs. Gobesz (Cluj, Romania)
Csaba Gyenge (Cluj, Romania)
Dénes Hollanda (Tîrgu Mureș, Romania)
András Kakucs (Tîrgu Mureș, Romania)
András Kelemen (Tîrgu Mureș, Romania)
László Kerekes (Cluj, Romania)
Lajos Losonczi (Tîrgu Mureș, Romania)
László Márton (Gheorgheni, Romania)
Márton Máté (Tîrgu Mureș, Romania)
Péter Szabó (Budapest, Hungary)
László Tóth (Debrecen, Hungary)

TARTALOM

ELŐSZÓ..... *11*

FOREWORD (angol előszó) *13*

Ajj Tamás-Ferenc
Korszerű megoldás a fogaskerekek profiljának pontos mérésére..... *15*

András József, Kovács József
A műszaki innováció sajátosságai a bányászatban *23*

Bitay Enikő, Holczer Emil, Kormos Fiammetta, Manciula Dorin, Veress Erzsébet
Nanoszerkezetű vegyesoxid vékonyréteg-alapú mérettartó anódok és gyakorlati alkalmazhatóságaik..... *27*

Bitay Enikő
A magyar műszaki nyelv úttörői. Debreczeni Márton műszaki öröksége. *39*

Dudás László, Bíró Máté, Novák László Lajos
Forgódugattyús robbanómotor fejlesztése *51*

Fekete Albert-Zsombor, Jakab-Farkas László, Papp Sándor
Beágyazott rendszer fejlesztése tömegspektrometriás mérések feldolgozására *61*

Forgó Zoltán, Filep Róbert, Tolvaly-Roșca Ferenc
Végtagcsonk és protézis nyomáseloszlásának vizsgálata *65*

Gobesz Ferdinánd-Zsongor
Tésztahidak..... *69*

Gyenge Csaba, Olah László
CNC-technológia komplex profilú és változó emelkedésű csigák gyártására *75*

Imecs Mária, Szabó Csaba, Incze János Jób, Szőke (sz. Benk) Enikő
Egyenáramú hálózatra kapcsolt vektoriálisan szabályozott szinkron generátor szimulációja *81*

Kovács Dorina, Fábián Enikő Réka, Blücher József, Dobránszky János
Nemesíthető acélok plazmanitridálása *93*

Losonczi Lajos
Innovatív forgódugattyús gépek *99*

Máté Márton, Gyéresi Hunor András
Arkhimédész-féle spirális fogirányvonalú fogaskerék marófej-betétkések hátramunkálása *105*

Papp István, Máté Márton, Popa-Müller Izolda, Kakucs András, Tolvaly-Rosca Ferenc, Forgó Zoltán, Lőrincz András
Forgódugattyús belső égésű motor *115*

Pásztor Judit, Kakucs András
Erőgép, ásógép üzemeltetésének elemzése növényházi körülmények között *121*

Soós Ödön János, Soós Noémi Rita
Szikraforgácsoló-gép továbbfejlesztési lehetőségei az elektródák CNC-tehnológiával való megmunkálásával *127*

Szigeti Ferenc, Dezső Gergely
A duális képzés bevezetésének első tapasztalatai a Nyíregyházi Főiskolán *131*

Szigeti Ferenc, Dezső Gergely, Kósa Péter
A duális képzési programok fejlesztésének módszertani és oktatásszervezési kérdései *139*

Talpas János
Az erdélyi hegyaljai és szilágysági borospincék szellőztetőrendszereinek vizsgálata *145*

SZERZŐK JEGYZÉKE *151*

CONTENT

ELŐSZÓ (Hungarian foreword) *11*

FOREWORD *13*

Tamás-Ferenc Ajj
A Novel Solution for Precision Measuring of Gear Tooh Profile *15*

József András, József Kovács
Specificity of Innovation in Mining *23*

Enikő Bitay, Emil Holczer, Fiammetta Kormos, Dorin Manciula, Erzsébet Veress
Nanostructured mixed oxide thin film based dimensionally stable anodes. Characteristics and applications *27*

Enikő Bitay
The Pioneers of the Hungarian Technical Language. The Technical Heritage of Márton Debreczeni *39*

László Dudás, Máté Bíró, László Lajos Novák
Developing an Internal Combustion Engine Having Rotary Piston *51*

Albert-Zsombor Fekete, László Jakab-Farkas, Sándor Papp
Development of an Embedded System for Processing Mass Spectrometry Measurements *61*

Zoltán Forgó, Róbert Filep, Ferenc Tolvaly-Roșca
Pressure Repartition between Lower Limb Stump and Prosthesis *65*

Ferdinánd-Zsongor Gobesz
Pasta Bridges *69*

Csaba Gyenge, László Olah
CNC Technology for variable pitch and variable screw profile worms manufacturing *75*

Mária Imecs, Csaba Szabó, János Jób Incze, Enikő Szőke (sz. Benk)
Simulation of the vector controlled synchronous generator supplying a DC line *81*

Dorina Kovács, Enikő Réka Fábián, József Blücher, János Dobránszky
Plasma Nitriding of Tempered Steels *93*

Lajos Losonczi
Innovative Rotary Pistons Machines *99*

Márton Máté, Hunor András Gyéresi
About the Archimedean Cylindrical Gear's Milling Head Insert Relieving *105*

István Papp, Márton Máté, Izolda Popa-Müller, András Kakucs, Ferenc Tolvaly-Rosca, Zoltán Forgó, András Lőrincz
Internal Combustion Engine Rotary Piston *115*

Judit Pásztor, András Kakucs
Analysis of Operating Tractor-Spading Machines in Greenhouse Environment *121*

Ödön János Soós, Noémi Rita Soós
Possibility of Developing an EDM Equipment, with CNC Machining of Electrodes *127*

Ferenc Szigeti, Gergely Dezső
Primary Experiences on Introduction Dual Education at College of Nyíregyháza *131*

Ferenc Szigeti, Gergely Dezső, Péter Kósa
Methodological and Organizational Questions of Developing Dual Educational Programs *139*

János Talpas
Study of CSR and health protection in dangerous industrial environments *145*

LIST OF AUTHORS *151*

ELŐSZÓ

Az anyanyelven írt és közölt, a magyar szakmai körökben megvitatott tudományos eredmények megőrzése az Erdélyi Múzeum-Egyesület egyik célkitűzése.

A *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozat ezen (negyedik) száma – akárcsak az előzőek – szorosan kapcsolódik a magyar tudományossághoz, ugyanakkor az interdiszciplinaritás összhangját is megjeleníti.

A jelen kiadványban (MTK, 2016. 4. szám) *A magyar tudomány napja Erdélyben* 14. fórum keretében, 2015. november 21-én, a *XVI. Műszaki tudományos ülésszak*on elhangzott tizenkilenc előadás írott változatát tesszük közzé.

A kötetbe foglalt tanulmányok témái különböző tudományterületekről származnak: bányászat, gépgyártás-technológia (szikraforgácsolás, CNC-technológiák, fogaskerék-kapcsolás), anyagtudomány, mechanizmusok, mezőgazdasági gépészet, mechatronika, építészet, aerodinamika és a magyar műszaki nyelv, illetve oktatásszervezés.

A negyvenkét szerző tizenkilenc tanulmányát az első szerzők névsorának rendjében, angol kivonattal együtt tesszük közzé. Reméljük, hogy ezáltal lehetőséget teremtünk az ismertetett (bemutatott) eredmények széles körű terjesztésére.

A Kárpát-medencei térségben tevékenykedő, a műszaki tudományok valamely területét művelő, kiemelkedő kutatók, egyetemi oktatók, doktorandusz és egyetemi hallgatók egyéni vagy csoportos kutatásainak legfrissebb eredményeit tarthatja kezében az Olvasó.

A kiadvány áttekintést nyújt a Kárpát-medencei magyar tudományosság sajátos irányairól, törekvéseiről és eredményeiről. Egymás munkáját ily módon megismerve újabb lehetőség adódik az együttműködés kialakítására, illetve megtartására.

Igen fontosnak tartjuk azt, hogy minden lehetséges alkalommal kiemeljük a műszaki tudományok szépségét, és hogy felkeltsük a művelésük iránti érdeklődést. A Kárpát-medencében élő magyar gondolkodó és alkotó elit utánpótlása kulturális örökségünk fennmaradásának nélkülözhetetlen feltétele. Ezért minden alkalmat megragadunk arra, hogy a fiatal tehetségeket felkutassuk, az alkotás szépségéről és társadalmat szolgáló fontosságáról szóljunk. Ugyanakkor arra biztatjuk a tudományos diákkörök,

szakkollégiumok vezetőit, a műszaki tanárokat, hogy népszerűsítsék diákjaik körében is a magyar tudományosság fórumain való aktív részvétel jelentőségét.

A kötet és a tanulmányok külön-külön is elérhetők online módon az Erdélyi Digitális Adattárban: http://eda.eme.ro/handle/10598/29717.

Köszönet a szerzőknek, akik a tudományos ülésszakon vállalták az aktív részvételt, s értékes tanulmányaikat közlésre kínálták.

Külön köszönetünket fejezzük ki a szaklektoroknak, akik vállalták a tanulmányok szakmai értékelését, s véleményükkel, tanácsaikkal értékes segítséget nyújtottak a kötet megjelenéséhez.

Figyelembe véve azt a tényt, hogy a kötetben szereplő publikációk átfogó, interdiszciplináris jellegűek, bizalommal ajánljuk a kutatók, BSc- és MSc-szakos hallgatók, doktoranduszok, üzemmérnökök, nem kevésbé a tudomány iránt laikusként érdeklődők számára is.

Kolozsvárt, 2016 februárja

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztályának nevében

Bitay Enikő	*Máté Márton*
elnök	alelnök

FOREWORD

One of the most important tasks of the Transylvanian Museum Society is to maintain the scientific results written and published in mother tongue, debated and discussed in the frame of Hungarian professional associations.

This (the fourth) issue of the series *Papers on Technical Science* (*Műszaki Tudományos Közlemények)* in Hungarian) – similarly to the previous editions – is strongly related to the Hungarian scientific act and also shows the harmony of interdisciplinary approaches.

The actual issue presents the written form of the nineteen presentations that were held in the frame of the XVI-th Forum of the *Day of the Hungarian Science in Transylvania*, on November 21, 2015.

The topics of the papers arises from different scientific areas as follows: mining, manufacturing science (electro-erosion machining, NC-technologies, theory of gearing), material science, theory of mechanisms and machines, agricultural machinery, mechatronics, civil engineering, aerodynamics and last but not least the Hungarian scientific language and education in Hungarian.

The nineteen publications realized by forty-two authors are put in alphabetical order based on the initials of the first authors. We explain here our hope that through this publication, the condition of dissemination of the achieved results was created.

The Reader has the opportunity to see the latest individual or collective scientific results of the research performed by prominent researchers, academics, PhD students, MSc or BSc students activating in the Carpathian Basin.

The publication emphasizes the particular directions, goals and results of the Hungarian scientific act from the Carpathian Basin. Using this particular way to get knowledge about the results achieved by others, new opportunities of collaboration or of developing existent cooperation will be given.

We consider an act of major importance to use any opportunity to emphasize the beauty of the engineering science, with the goal of arouse the interest for it. The recruitment of the scientific elite that think and creates in Hungarian and lives also in the Carpathian Basin is the indispensable condition of keeping our cultural heritage. For this we will use any opportunity to discover our young talents, and speak to them about convince them about the beauty of the act of scientific creation and its importance in the service of the society. In the same time we kindly encourage all student research team leaders, mentors, and academics to promote the importance of the student participation on the forums of Hungarian science.

The volume and the papers are accessible online in the Erdélyi Digitális Adattár (*Transylvanian Digital Database*) on the following link:

http://eda.eme.ro/handle/10598/29717.

Using this opportunity we like to present our thanks to the authors for the participation on the conference and for offering their papers for publication.

Special thanks to the proofreaders for the professional evaluation of the articles, and for their precious opinions and recommendations offering through this an important help for the launching of the volume.

Considering the broadly covering and interdisciplinary feature of the articles included in the issue, we highly recommend it for attention of senior researchers, BSc-, MSc- or PhD-students, engineers and also for all nonprofessionals having a particular passion for science.

Cluj, February, 2016

On behalf of the Department of Technical Sciences of the Transylvanian Museum Society

Enikő Bitay	*Márton Máté*
president	vice-president

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 15–22. old.
http://hdl.handle.net/10598/29718
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.01

KORSZERŰ MEGOLDÁS A FOGASKEREKEK PROFILJÁNAK PONTOS MÉRÉSÉRE

A NOVEL SOLUTION FOR PRECISION MEASURING OF GEAR TOOH PROFILE

Ajj Tamás-Ferenc

SC DSU MUREŞ S.R.L., Cím: 547530, Románia, Marosszentgyörgy, Mezőgazdász utca,16/B szám;Telefon / Fax: +40-265-254132, tamas.ajj@nituri.ro

Abstract

This paper presents the first pillar of a scientific research program consisting in the designing and implementing of a measuring device equipped with a HD camera. The proposed device will be able to substitute the nowadays used complicated gear controlling devices and etalons, sensible on mechanical and thermic impact. The proposed operating principle of the equipment allows to it the necessary versatility to be suitable with the rapidly developing production technologies. Due to the peculiarities of the digital image processing, beside the classic gear parameter measurement the proposed equipment will be able to perform comparative measuring too, e.g. the monitoring of the abrasion processes on the chosen tooth surface area. The first part of the research focuses on the straight-toothed cylindrical gears.

***Keywords**: gear, precision, profile, measuring equipment, image processing*

Összefoglalás

A dolgozat egy kutatássorozat első pillérét mutatja be, amelynek célja olyan, kamerás rendszerrel ellátott mérőkészülék tervezése és kivitelezése, amely egymagában képes helyettesíteni a napjainkban használt fogaskerék-ellenőrző eszközöket, valamint az ezekhez tartozó, kopásra és hőre egyaránt érzékeny etalonokat. Működési elve lehetővé fogja tenni, hogy lépést tartson a rohamosan fejlődő gyártástechnológiákkal. A digitális képfeldolgozásnak köszönhetően a fogaskerék paramétereinek mérése mellett lehetőségünk lesz összehasonlító mérések elvégzésére is. Egy lehetséges alkalmazást a fogoldal kiválasztott területein végezendő összehasonlító kopásvizsgálatban látunk. A kutatás első megközelítésben az egyenes fogazatú hengeres fogaskerekekkel foglalkozik.

***Kulcsszavak:** fogaskerék, pontosság, profil, mérőkészülék, képfeldolgozás*

1. Bevezetés

A gyártástechnológia fejlődésének mindenkori következménye a termelékenység növekedésében is megnyilvánul. A gyártástudomány kezdeteitől világossá vált, hogy a technológiának és a fejlesztésnek nélkülözhetetlen eleme a mérés, valamint a mérés kiértékelése, ugyanis ezek a folyamatok szolgáltatják az információt a gyártásparaméterek pillanatnyi állapotáról, illetve az alkalmazott technológia hatékonyságáról. Minél pontosabb adatokat tudunk mérni,

annál pontosabb információval tudunk szolgálni a gyártás tulajdonságairól. A jól működő minőségirányítási rendszerben szükséges ezen adatok visszavezethetőségét, nyomon követhetőségét is biztosítani. Szükségessé válik egy olyan mérési eljárás kifejlesztése, amely gyors, precíz, egyszerű és az általa szolgáltatott eredmények menthetőek és visszakereshetőek.

A digitális kamerák elterjedésének köszönhetően új lehetőségek nyíltak a gyártási paraméterek mérésére és ellenőrzésére. A gyorsaság és pontosság mellett a digitalizált kép alapján létrehozott mérési paraméterek (eredmények) könnyen menthetőek, kiértékelhetőek, és egy megadott tárhelyről könnyen visszakereshetőek.

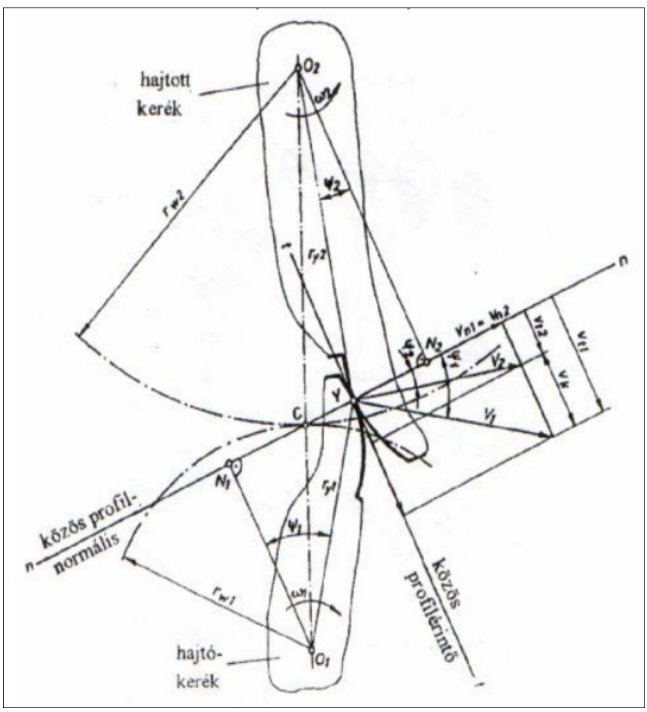
A dolgozatban az egyenes fogú hengeres fogaskerék paramétereinek a méréseire keresem a választ digitális képfeldolgozás felhasználásával.

2. Az egyenes fogazatú hengeres fogaskerék jellegzetes hibái

A fogaskerekek gyártása során jelentkező hibák mindegyike a kapcsolódás alaptörvényének sérülését idézi elő. A kapcsolódás alaptörvénye értelmében az érintkező fogprofilfelületek alakjainak biztosítaniuk kell a megfelelő kapcsolódást, valamint az áttétel állandóságát:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \text{állandó} \qquad (1)$$

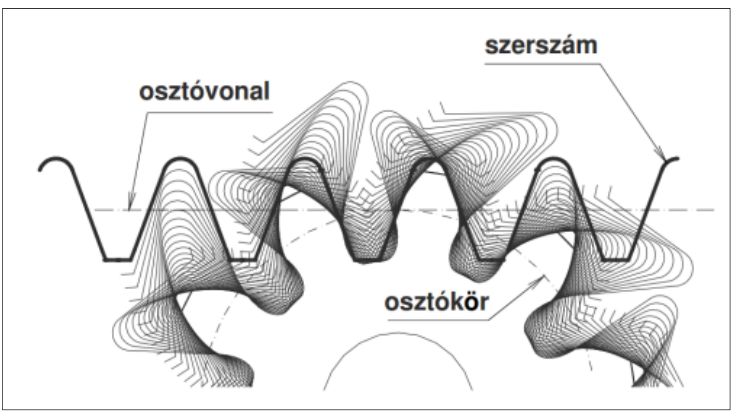
A kapcsolódás csakis akkor valósulhat meg, ha a profilmerőlegesek a főponton haladnak át (Willis tétele), az áttétel állandóságának, állandó tengelytáv mellett, az a feltétele, hogy a hajtás centroidái körök legyenek. Ebben áll a klasszikus, Klingelnberg-féle fogaskerék-profilmérő készülék működési elve.



1. ábra. *A kapcsolódás alaptörvénye [1]*

A kapcsolódást több paraméter is befolyásolhatja, amelyek egyaránt lehetnek a gyártás vagy a tervezés következményei. Jelen közleményben a mérhető és a gyártási hibáknak tulajdonítható paramétereket emeljük ki.

A fogaskerék-gyártásban széles körben használt az evolvens fogprofil. Több fogprofil-kialakító eljárást ismerünk. A numerikus vezérlésű köszörűgépek (amelyeken számítógépes vezérléssel történik a köszörűkorong-profilozás is) újra időszerűvé tették az alakköszörülést. A lefejtő eljárások viszont, különösen a lécburkolású szerszámmal történő lefejtés, semmivel sem helyettesítők adott pontossági követelményeken felül. A gyártandó kerék osztókörén csúszásmentesen legördítjük a szerszám osztóvonalát, tehát a fogaskerék profilját a fogazó szerszám profilja és ennek a gyártott kerék forgásával összehangolt szakaszos vagy folytonos elmozdulása határozza meg. Belátható, hogy a fogprofilhiba a fogazó szerszám profilhibájának, a szerszám sajátos osztáshibáinak, a szerszámgép kinematikai hibáinak és a fogazott alkatrész tájolási hibájának a következménye. Az első két, a szerszámhoz kapcsolódó hiba szisztematikus, míg a szerszámgéphez kötött hibák sztochasztikus jellegűek. A mérőkészüléken, akár a gyártórendszerben, a tájolási és a kinematikai hiba egyaránt jelen van. A felsorolt hibák hanyagolása maga után vonja a gyártott hajtás áttételi arányának lüktetését, a működés közbeni zajokat, magas kopásokat s a fogaskerekek idő előtti tönkremenetelét.



2. ábra. *A fogasléces lefejtés jellegzetes görbéi [2]*

2.1. A fogprofilhiba

Napjainkban a hengeres evolvens fogaskerekek profilhibájának mérése egyprofilos legördülő készüléken történik (Klingelnberg mérőkészülék), amely a bázishoz képest fixpontos tapintó segítségével rajzolja ki a profildiagramot, miközben a fogaskerék számított alapkörével gördül le a mérőgépállványhoz képest rögzített helyzetű alapegyenesen. A mérőműszer mérési elve az evolvensgörbe álló egyenessel való elméleti generálásának elvét kölcsönzi. A mérési diagramon megjelenő hullámok nagysága arányos az elméleti evolvens profiltól való eltéréssel. Innen olvasható ki a fogaskerék esetleges alapkörhibája [3], amire a foglábtól a fogfej felé haladó görbe pozitív vagy negatív irányú meredekségéből lehet következtetni. A görbére illesztett egyenes (kiegyenlítő egyenes) szögéből

lehet következtetni az esetleges alap profilszög hibára is [3].

Azokban az esetekben, ahol a fogprofilt nem lehet vagy túl költséges lenne mérni, úgynevezett hordképvizsgálatot alkalmaznak. Ez esetben egy lassan száradó speciális festékkel kenik be a mérendő fogaskerék fogait, majd terhelés nélkül mesterkerékkel gördítik össze. A legördülés következtében a mesterkerék fogfelületére tapadó festékfolt kiterjedése és helyzete alapján állapítják meg a vizsgálandó fogprofil minőségét. Ebben az esetben a kiértékelést inkább a tapasztalat, mintsem a numerikus értékek határozzák meg.

2.2. Az osztáshiba

Osztásnak nevezzük két egymás követő fogfelület homológ pontjainak köríven mért távolságát. Abban az esetben, ha az osztást az alapkörön mérjük, alaposztásról, ha az osztókörön mérjük, osztóköri osztásról beszélünk. Az osztáshiba nem más, mint a valóságban mért osztás eltérése az elméleti osztástól. Igen nagy valószínűséggel okozhatja az osztáshibát a fogazó szerszámgép előtoló- és osztóláncának a meghibásodása vagy kopása.

Az osztás mérésére több eljárást fejlesztettek ki. Az első, legegyszerűbb abban áll, hogy két, egymás melletti fogárokba köszörült csapokat helyezünk, és megmérjük a két henger közötti (vagy ezeken átívelő) távolságot, amiből kiszámítjuk a szögosztást, majd pedig az osztóköri osztást [6]. Ez a módszer viszonylag pontatlan, mivel a méréshez hozzáadódik a fogfelületi hiba is.

A második eljárás az osztóköri osztásmérés-elmozdulás mérőkészülék segítségére alapszik. Digitális vagy mechanikus tapintók segítségével lokalizáljuk az egymás után következő fogakon a homológ pontokat, így állapítjuk meg a valós osztásértéket. Ezután két szomszédos osztás különbségét használjuk fel. Az eredmények felhasználásával mind az összegzett, mind az egyszerű osztáshiba-diagramot felrajzolhatjuk.

A harmadik eljárás a Maag-féle mérőkészülék sajátossága. A készülék a fogaskeréknek azt a tulajdonságát használja fel, hogy az alapkörön található két, azonos irányú, egymást követő evolvens normális irányban mért távolsága megegyezik a két evolvens közötti alapköri ív méretével, tehát az eljárás az alaposztás hibát méri.

2.3. Többfogméret mérés (Wildhaber)

A többfogméret W jelét Wildhaber osztrák mérnök nevéről kapta. Az eljárás lényege abban áll, hogy két ellentétes irányú evolvens közötti, az alapkört érintő egyenes szakasz hossza nem változik, ha közben ez az alapkörön legördül. A W mért értékeinek ingadozása a radiális ütésre és a fogvastagság-ingadozásra egyaránt utal.

A többfogméretet a fogaskerék előírt tűrésosztályának megfelelően a

$$W(k)^{-E_{ws}}_{-(E_{ws}+T_w)} \qquad (2)$$

képlettel adják meg külső fogazatra, ahol E_{ws} a többfogméret hézagmentes névleges értékének minimális eltérése, T_w a radiális ütés tűrése.

A fennebb említett eljárások mindegyike külön speciális mérőkészüléket igényel, amelyek használata sok türelmet és időt követel. A mérési pontosság emberfüggő, valamint R&R elemzést is igényel.

2.4. A hengeres fogaskerekek pontossági besorolása

A hengeres fogaskerekek geometriai elemeinek számítására ismert képletek állnak rendelkezésre [6]. A szabványos modul és a szükséges áttételi arány, valamint a hajtókerék fogszámának kijelölése után [7] megválasztással a (2) – (18) egyenletek könnyen felírhatóak, feltételezve, hogy ismerjük a fogazószerszám paramétereit. A számítások során figyelembe kell venni az alámetszést (interferenciát), a határfogszámot, illetve a kiválasztott fogaskerékanyag

tulajdonságaiból adódó szilárdságtani méretezést. Jelen dolgozat a fogaskerék geometriájával kapcsolatos.

A gyártás során bármely hossz- vagy szögméret sztochasztikus jelleget ölt. Emiatt ezeket a paramétereket mérnünk kell, megbizonyosodva arról, hogy a fogaskerék a kívánt pontossági osztályba esik vagy sem. [5]. A fogaskerekeket 12 pontossági osztályba sorolják az egyes hibafajták tűrései alapján:

- 1, 2 pontossági fokozat: a mai technológiával még nem gyártható;
- 3, 4 pontossági fokozat: mesterkerekek pontossága;
- 5, 6 pontossági fokozat: köszörüléssel gyártható kerekek;
- 7, 8, 9 pontossági fokozat: általános gépszerkezet fogaskerekei;
- 10, 11 pontossági fokozat: forgácsolással, nagyolva gyártható;
- 12 pontossági fokozat: már öntve vagy kovácsolva is gyártható.

A tűrések az osztályoknak megfelelően táblázatban vannak összesítve [2].

Amint a hengeres fogaskerekek pontossági szabványaiból belátható, igen nagy számú paraméter méretvizsgálata szükséges a helyes besoroláshoz. A mesterkerekeket, kalibereket használó eljárások nem méretfüggetlenek; modulonként több etalont kell legyártani vagy megvásárolni, ami a gyártási költségeket a pontossággal exponenciálisan növeli. Az ember mint hibaforrás kiküszöbölhetetlen a klasszikus eszközökkel végzett mérések esetében. A klasszikus fogaskerék-ellenőrző készülékek és berendezések műveleti alapideje is meglehetősen nagy, ami a gyártási folyamat taktusát korlátozza. A fent ismertetett érvek és tények tükrében belátható, hogy szükségszerűvé válik egy olyan mérőeszközt kifejleszteni, amely a jelen hátrányokat kiküszöböli.

3. Fogaskerékmérés digitális képfeldolgozással

A digitális képfeldolgozással való mérés hasonló egy projektorral való méréshez, azzal a különbséggel, hogy a kapott képkockák (pixelek) mindegyikéhez hozzá lehet férni, saját koordinátáik vannak, műveleteket lehet velük végezni, egyenként vagy akár globálisan is.

Minden képkockának 3 paramétere van, ami nem más, mint a főszínek (RGB) értékei. Ezekből a paraméterekből, ha globálisan kezeljük, következtetéseket lehet levonni egy adott céltárgy helyzetéről, nagyságáról, tulajdonságairól.

3.1. A probléma felvetése

A feladat megoldásának kulcsa abban áll, hogy milyen képszűréstechnikákat kell alkalmazni ahhoz, hogy a keresési algoritmust ne zavarja a változó külső fényintenzitás, illetve más, a mérési környezetben jelentkező zavaró tényező. A mérési folyamatot a következő elvi részekre kell bontani:

- a céltárgy, jelen esetben a fogaskerék, akár feldolgozott, akár élőképen (kamera elé helyezett céltárgy) megtalálása a képsíkon;
- a céltárgy szignifikáns részeinek, azok helyzetének, elfordulásainak felismerése;
- a szignifikáns képkockák geometriai elemekké való alakítása;
- az elméletileg kiszámítható geometriai entitások ponthalmazainak lokalizálása – koordináták felírása és mentése;
- a szignifikáns képkockák és az ideális képkockahelyek távolságának számítása;
- a különbségek átalakítása szabványosított méretekké és ezek kiértékelése.

A feladat adatai a fogaskerék konstruktív adatai és a pontossági osztálynak megfelelő tűrések.

Mérés esetében nem a gyorsaság a fő cél, hanem a pontosság. Meg kell jegyezni, hogy a javasolt módszer esetében az ösz-

szegzett mérési idő másodperceket tehet ki. A maximális tervezett idő 4-5 másodperc, ami lényegesen kevesebb bármely kiválasztott, jelenleg használt eljárás mérési időigényénél. A pontosságnak a javasolt mérési módszer esetében kizárólag a kamera felbontása és a választott kamerafókuszpozicionáló szerkezet sajátosságai szabnak határt.

3.2. A javasolt mérőkészülék szerkezeti felépítése

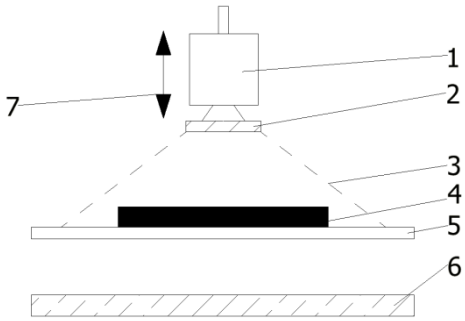
A mérőkészülék szerkezeti felépítését a **4. ábra** szemlélteti. Ahhoz, hogy mérni tudjunk, szükséges kiválasztanunk egy megfelelő felbontással és gyorsasággal rendelkező kamerát (1). A piacon található számos típus közül választásunk egy Microsoft LifeCamStudio HD kamerára esett, melynek paraméterei a következők: 5 megapixeles CMOS szenzor, 1920×1080 pixel maximális felbontás, 30fps képfrissítés másodpercenként, 75° átlós látómező. A kamera beállításai programozhatóak élő kapcsolatban is.

Vannak olyan külső zavaró tényezők, amelyeket a programból nem tudunk kiiktatni, mint például a vizsgált felületekről visszaverődő intenzív fény.

Emiatt szükségessé válik a kamera CPL polárszűrővel való felszerelése (2), amely kiküszöböli az előbb említett zavaró hatást.

Ahhoz, hogy a kereső algoritmus el tudja különíteni a (3)-as képtérbe helyezett (4)-es fogaskereket, a készülék asztala (5) fényáteresztő anyagból kell készüljön, amit a (6) változtatható háttérvilágítás világít meg. A fogaskerék nem engedi át a fényt, ezért jól elhatárolódik környezetétől.

A készülék rendkívül fontos része a (7) kameramozgató szerkezet. Mindenekelőtt ahhoz, hogy a kamera megfelelően tudjon mérni, kalibrálni kell egy megfelelően felvett fókuszpontra.



4. ábra. *Mérőkészülék szerkezeti felépítése*

Ez történhet akár egy mikrométer vagy egy tolómérő etalonnal is, mivel itt egy átmérőkalibrációt tervezek. Kalibráció után, amennyiben változtatom a fókuszpontot, a rendszer automatikusan változtatja arányosan a kalibrációs együtthatót is.

3.3. A vizsgálandó kép előkészítése

A kamera által szolgáltatott kép önmagában nem alkalmas a kereső algoritmusok fogadására. Megfelelően elő kell ezért készíteni.

Mivel a kamera képe eredetileg színes, ami megnövelné az igényelt számítási kapacitást, első körben a kapott képet fekete-fehér állapotra kell alakítani.

A következő lépésben a képen fellelhető zajokat kell eltávolítani. E célra átlagoló szűrő vagy Gauss-szűrő alkalmazható. A kedvezőbb eredményt adó megoldást választjuk.

A harmadik lépésben a kamerára felszerelt CPL szűrő által átengedett maradék fényzavarokat kell megszüntetni. Itt a legjobb megoldást akkor kapjuk, ha két különböző σ paraméterrel rendelkező Gauss-szűrővel megszűrt képet vonunk ki egymásból. Ezt Gauss-skálázásnak is nevezik. Mivel a képen található forma méretben kissé módosul, de a jellemzői megmaradnak, s a zavaroktól is mentes, a keresést a kapott képen végezzük el, míg a többi műveletet az eredeti szűrt képen.

3.4. Jellemző pontok kinyerése

A legjobb megoldás a jellemző pontok kinyerésére a sarokpontkeresési algoritmusok felhasználása, amely lehet Harris- vagy gyors sarokpontkeresési algoritmus. Első körben a gyors sarokpontkeresési algoritmust fogjuk alkalmazni. Tapasztalataink alapján a megfelelő beállítással a talált pontok stabilak, ellentétben a Harris keresési algoritmussal, kevesebb a számítási igénye, s a találatok száma is jóval magasabb. Itt az a legfontosabb, hogy minél több jellemző pontot tudjunk kinyerni a fogaskerékről, amelyek tovább osztályozódnak különböző szűrési eljárásoknak köszönhetően. A Harris sarokpontkereső algoritmus túl érzékeny. Amennyiben a paramétereinek a változtatásával elérjük, hogy az előzőekben nem aktív régiókban is találatokat szerezzen, túlságosan megnő a számítási kapacitás a gradiensszámítások miatt, valamint igen sok téves találatot térít vissza.

3.5. A kinyert jellemző pontok osztályozása

Ez a rész tekinthető a legnehezebb feladatnak, amelynél még igen sok kutatás, fejlesztés szükséges. A kapott pontoknak megvan a képi koordinátája. A pont környezete alapján ki kell értékelnünk, hogy a fogaskerék mely részéhez is tartozik. Erre a legjobb megoldás a neuronháló alkalmazása. Mint ismert, a háló képes osztályozni, s egy jól megalkotott tanítóhalmaz megtanulása után képes megfelelő döntést hozni akkor is, ha a bemeneti kép kissé „torzult”. Ebben az esetben a neuronháló bemenete az illető pont, valamit az előre meghatározott környezeti pontok értékei, kimenete pedig a keresett rész indexe.

Ebben az esetben több probléma is felléphet. A háló rugalmas, de nem a végtelenségig. Probléma lép fel, ha a bemeneti kép iránya túlságosan el van fordulva a tanítóhalmazban szereplő elemektől. Tehát ebben az esetben kell tudjunk következtetni, hogy a fogaskerék azon eleme, amit vizsgálunk, milyen irányban is lehet elfordulva, mivel 0–360 fokos tartományban bármilyen irányon illeszkedhet. Az egyik megoldás erre, mivel a fogaskereket egy szimmetrikus testnek tekintjük. Elsőként a képet egy direkt Fourier-transzformációval szűrni kell, máskülönben hibás értéket kaphatunk. Ezek után kiszámolhatjuk a gradiens hisztogramját. A kapott görbe csúcsai megadják a fogaskerék szimmetriatengelyeinek a szögeit. Amennyiben a központhoz (ami nem más, mint a képi súlypont) koordinátatengelyeket rendelünk, s azt vesszük nullpontnak, a vizsgált pontok helyzetéből meg tudjuk határozni, hogy az illető zóna hogyan van elfordulva. Amennyiben a fogaskerék reteszhoronnyal rendelkezik, azt a képről el kell távolítani, mert zavart okozhat a szimmetriában. Ez csak egy megoldásjavaslat, ami ellenőrzésre szorul, mivel a szimmetriatengelyek több állapotot is felvehetnek, ami zavaró.

A második probléma a különböző méretű fogaskerekek vizsgálata. Kényelmetlen lenne, ha az összes fogaskeréktípust meg kellene tanítani ahhoz, hogy a háló felismerje a különböző részeit. Tehát ebben az esetben a kicsinyítést, nagyítást kell alkalmazni egy előre megadott bázisméretre. Az algoritmusnak fel kell ismernie a fogaskerék méretbeli eltérését a bázisméretről, majd ennek függvényében a megfelelő méretre hozza az illető fogaskerék képét.

3.5. A mérés menete

A mérés lényegében egy ellenőrzés. Az algoritmus kiszámolja először a fogaskerék összes névleges paraméterét a bemenetek alapján, illetve a méretekhez tartozó szórásokat. A következő lépésben a már feltérképezett fogaskerék segítségével az algoritmus kiszámolja a valós méreteket, majd ezek a méretek összehasonlításra kerülnek az elméleti követelményekkel. A kiértékelés azonnal végbemegy.

3.6. A programfelület

Annak érdekében, hogy a mérőkészülékhez egy kezelőpanel is társuljon, a vezérlő, kereső, mérő algoritmusok megírásához C# környezetet választunk. Az algoritmus a kezelőpanelra ad visszaigazolást a pillanatnyi állapotokról. A mérési eredmények is ide kerülnek kijelzésre. A tanítás, illetve vezérlés szintén ezen a felületen kap helyet.

4. Következtetések

A vázolt megoldás olyan számítógéppel segített mérési eljárást sejtet, amely a klasszikus mérőrendszerekkel szemben kevésbé költséges, rugalmasabb és hatékonyabb.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Stampfer, M.: *Fogaskerékhajtások,* Pécsi Tudományegyetem, Pécs, 2004.

[2] Német, G.: *A fogaskerékhajtásról röviden II. FMK. BSc. hallgatói részére (tananyag kiegészítő segédlet)*, Sopron, 2007.

[3] Groma, I.: *Térbeli fogazott hajtópárok gyártásgeometriai viszonyainak matematikai modellezése és szimulációja. PhD értekezés,* Budapest, 2010.

[4] Szendrő, P.: *Gépelemek.*, TAMOP 4.2.5 pályázat könyvei. Mezőgazda Kiadó.

[5] Szeniczei, L.: *Általános fogazás,* Nehézipari Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 23–26. old.
http://hdl.handle.net/10598/29729
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.02

A MŰSZAKI INNOVÁCIÓ SAJÁTOSSÁGAI A BÁNYÁSZATBAN

SPECIFICITY OF INNOVATION IN MINING

András József[1], Kovács József[2]

[1]Petrozsényi Egyetem Cím: 332008, Románia, Petrozsény, str. Universității 20; mobil: +40-722-262-067 andras@upet.ro

[2]Petrozsényi Egyetem Cím: 332008, Románia, Petrozsény, str. Universității 20; mobil: +40-723-193-455 kovacsi@mail.com

Abstract

The paper deals with the outlining of main specificity of technical innovation in the mining in a retrospective and prospective approach, with special regard to the driving forces of technological progress concerning technology, equipment and operational environment. The actual trends in this domain are also presented with suggestive examples.

Keywords: *mining, innovation, technology, equipment, specificity*

Összefoglalás

Az anyag a bányászat műszaki innovatív fejlődését tárgyalja, úgy visszatekintő, mint előrelátó megközelítéssel, különös hangsúllyal a műszaki halladás hajtóerejére a technológia, műszaki eszközök és művelési környezet vonatkozásában. A jelen időben észlelhető trendek reprezentatív példákkal vannak bemutatva.

Kulcsszavak: *innováció, bányászat, berendezések, műveletek, sajátosság*

1. Bevezetés

A bányászat az emberiség történetében hosszú ideig, jelentős hatást gyakorolt az általános társadalmi és gazdasági fejlődésre.

Az ipartörténészek [1] egyhangúan úgy vélik, hogy a bányászat mint tevékenység egykorú az emberiséggel, és a jövőben is fontos szerepe lesz az emberiség fejlődésében.

Annak ellenére, hogy a veleszületett konzervatív gondolkodáson és főleg emberi fizikai erőre alapozott iparágnak volt ismert a köztudatban, a bányászati technológia sokat fejlődött az évszázadok-évtizedek során inkrementális vagy ugrásszerű lépésekben.

Ebben a történelmi fejlődésben, úgy, mint a várandóban, az innovációnak sajátos, meghatározó szerepe volt, van és lesz.

Több olyan korszakalkotó technológiai újítás, mint példaképen a gőzgép vagy a szivattyúk a bányászat aranykorához kötődnek, annak kihívásait elégítették ki.

Az ipari forradalom következő korszakában a bányászat mint ásványi és energiahordozó nyersanyag-szolgáltató a technológia fejlődésének eredményeit nemcsak hogy elsőnek alkalmazta, mint pl. a sűrített levegő, villamos motor, hidraulika stb., de ezek széles körű fejlődését serkentette.

Függetlenül a napjainkban észlelhető relatív stagnálástól, melyet a bányászatra ható súlyos gazdasági, pénzügyi és környezetvé-

delmi korlátozások okoztak, a bányászat továbbra is alapvető eleme minden jövőre vonatkozó elemzésnek, ami az energiaforrásokat, és az alapvető nyersanyagokkal való ellátást illeti.

A korszerű bányászat mint az ipari forradalom szülöttje és hajtóereje ma a fenntartható fejlődés követelményeinek igyekszik eleget tenni.

A viszonylagos pangásokat és evolúciókat feltételező, egymást követő fejlődési időszakok után a bányászatban alkalmazott kulcsfontosságú technológiák, berendezések és műszaki megoldások a harmadik évezred küszöbén elértek egy bizonyos fokú érettséget, amely egy új forradalmi ugrás kezdetének indító elemét jelzi.

A gyártási technológiáknak, a jelenlegi technológiai fejlődés hajtóelemeinek – elektronika, finommechanika, automatikus vezérlés és a számítástechnika – példátlan fejlődése, melynek eredményeit egyszerűbben és gazdaságilag motiváltabban lehetett beilleszteni más iparágakban, mint a bányászatban, oda vezetett, hogy a bányatechnológia fejlődésében könnyen észlelhető lemaradás jött létre a technológiai fejlődés élvonalában lévő ipari területekhez viszonyítva.

Mivelhogy a bányászatban alkalmazott technológiák és berendezések fejlődése más iparágakhoz viszonyítva lassúbb ütemben halad, ezek tervezési-fejlesztési módszerei is késve nyertek tudományos megalapozást.

Ma a bányászat olyan helyzetben van, amikor egy fontos technológiai ugrás szükségességét jelző tüneteit nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Mindezek a problémák jelennek meg ma a bányászat vonatkozásában nemcsak a fejlődő országokban – a hagyományos alapvető nyersanyagok világméretű szolgáltatói, hanem a jól fejlett gazdasággal rendelkező országokban is.

Ahhoz, hogy e jelenségek túlszárnyalásához életképes megoldások szülessenek, az eddigi technológiai fejlődés ismerete szükséges.

2. A műszaki innováció sajátosságai

Ahogyan ezt Klaus Spies [2] német feltálaló és ipartörténeti szakember kimutatta, a bányászatban alkalmazott technológiák fejlesztése mindig a kreativitás és a hagyományos megoldások szimbiózisából született, mivelhogy az innováció a bányászati tevékenység terén külön sajátosságokkal rendelkezik.

Egyrészt bonyolult, mivel sokdimenziójú (a bánya életciklus folyamatának több szakaszára vonatkozik – feltárás, kitermelés és feldolgozás, erőforrás-gazdálkodás, újrahasznosítás, bányabezárás és környezeti helyreállítás), másrészt maga a kitermelés, bár egyszerű alapműveleteken alapszik, célspecifikus technológiákat, gépeket és berendezéseket igényel.

Tudva azt, hogy a bányászati technológia három alapvető műveleten alapszik – jövesztés, rakodás-szállítás és üregbiztosítás, ezen alapműveletek gépesítése néha egymástól függetlenül, de egymást befolyásolva fejlődtött.

Az alábbi következtetéseket lehet levonni ezzel kapcsolatosan:

– a technológiai fejlődés meghatározó eleme a kőzet jövesztése, azt végző gép vagy technológia;
– kiindulva egy bizonyos pillanattól, a fejlődés, az előrelépés fontos tényezője a jövesztés gépesítése által elért magasabb termelékenység, nagyobb kőzethozam, melynek következménye a további műveletek gépesítésének szükségessége. Ez utolsó jelenség már akkor vált észlelhetővé, amikor a kézi szerszámmal való jövesztést a robbantásos repesztés helyettesítette, a 17. században.

A termelt kőzetmennyiség növekedése szükségessé tette a kőzetfúrógépek megjelenését és azok fejlődését, továbbá pedig a

rakodási-szállítási eszközök folytonos fejlesztését.

Ez volt az első megnyilvánulása a bányászati technológiák fejlődésének azon sajátosságának, hogy a rendszer egy komponensének ugrásszerű újítása ahhoz vezet, hogy a gyors fejlődés a rendszer többi komponensét is újításra kényszeríti, ami ciklikusan végül azt eredményezi, hogy egy teljesen új technológia alakul ki.

A bányagépek innovatív fejlődésének egy másik sajátossága az, hogy a gépesítés követi a technológiai eljárást, ahhoz illeszkedik. A teljesítmény növelése a gépektől méret- és súlynövelést igényel, a folytonosan mozgó munkahely a gép mobilitását helyezi fontos adottságok közé, a 4 művelet 4 végrehajtó eszközt igényel, a szakosítás és univerzalitás között kell kompromisszumot elérni.

3. Hazai vonatkozások

E folyamatnak fontos mozzanata volt a Kárpát-medencében a robbanóanyagok alkalmazása Selmecbányán 1627-ben, de vannak források, amelyek a XIV. századig vezetik vissza a Nyugati-Kárpátok aranybányáiban. Az első sínen haladó csille is itt jelent meg ugyancsak a XIV. században.

A XX. századi szénbányászat fejlődésében egyedi technológiai újdonságnak számított a fémbiztosítással ellátott frontfejtés beindítása 1926−27 között a lupényi bányában, amely az első ilyen kísérlet volt a világon.

A forradalmi újítások közé sorolhatjuk továbbá a petrilai bányában a Franz Kasper mérnök által 1941-ben kifejlesztett első pajzs típusú lépegető biztosítóberendezést, amely három evvel megelőzte az angol Dowty cég által rendszeresített biztosítás (1944), és jóval a szovjet eredetű OMKT és *Ursitz József* által szabadalmaztatott pajzsok előtt járt.

A Zsil-völgyi szénbányászat azonban nem csupán a saját szakemberek fejlesztései révén küzdötte fel magát a világszínvonalra, hanem az adott korban a csúcstechnológiát képviselő gépek és eljárások ipari alkalmazása terén is. 1880-ban már használták a sűrített levegős, ütve működő fúrókalapácsot, 1892–1909 között itt került először használatba a tárcsás réselőgép, 1895-ben pedig az első pneumatikus forgással működő fúrógép.

1880 és 1910 között a pneumatikus erő használata általánosan elterjed. Ugyanebben az időszakban a gőzmeghajtású berendezéseket folyamatosan felváltják az elektromos meghajtású berendezések.

A két világháború között a műszaki fejlesztés tovább folytatódik. Ez az a korszak, amikor a hazai műszaki fejlődés lépést tart az általános európai fejlődéssel, és az időszak kiemelkedő technológiai újdonságait hamarosan alkalmazzák. A műszaki berendezéseket korszerűsítik, új bányaüzemek nyílnak, az elektromos energiát valamennyi bányászati létesítményben alkalmazzák.

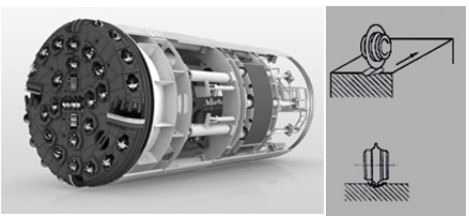
A lupényi bányában a 30-as években több korszerű fejtőgépet próbálnak ki, e tevékenység eredményeképpen a fejtési termelékenység eléri az akkorinak (ma pedig elképzelhetetlennek minősülő) csúcsértéknek számító 7 tonna/műszak értéket.

4. Példa

A bemutatott elméleti megfontolások alátámasztására egy gyakorlati példát mutatunk be. A kemény, nehezen jövesztheto kőzetek jövesztésére főleg az alagútfúró gépeket alkalmazzák az ezek fúrófejein elhelyezett vágótárcsánál (**1. a, b ábra**).

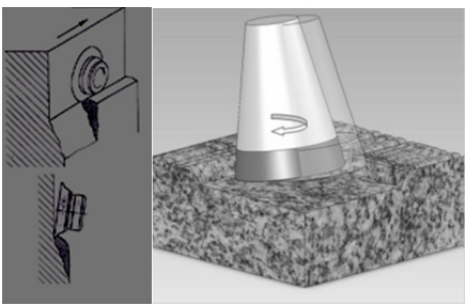
Ezen alagútfúró gépek fő hátránya a kör alakúra rögzített alagút keresztmetszete és annak, a fúrófej mérete által meghatározott átmérője, ami gátolja a gép alkalmazhatóságát különböző alakú és méretű alagutak előhajtására. A vágótárcsáknak mint alternatív jövesztőeszköznek az alkalmazási

területét ez nagyon leszűkítette, míg ezeket a normál hatásról tangenciálisra nem változtatták (**2. ábra**).



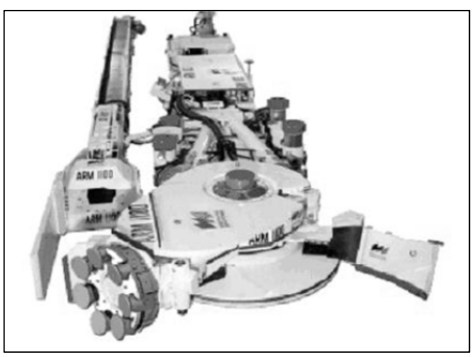
a) b)

1. ábra. *Alagútfúró gép (a), a fúrófejein elhelyezett vágótárcsák (b)*



a) b)

2. ábra. *Tangenciális hatású vágótárcsa (a), annak működési elve (b)*



3. ábra. *Tangenciális hatású vágótárcsás, mozgatható karú alagútfúró gép. Változtatható átmérőjű és keresztmetszetű vágatok előhajtására alkalmas*

Az új megoldás mind a pajzsos alagútfúró gépek, mind a mobil egyedi (**3. ábra**), illetve többtárcsás karokkal ellátott gépeken alkalmazható (**4. ábra**).

4. ábra. *Többtárcsás karokkal ellátott alagútfúró gép. Kör alakú változtatható átmérőjű vágatok előhajtására alkalmas*

5. Következtetések

A bányászat műszaki innovatív fejlődését tárgyaltuk, mind visszatekintő, mind előrelátó megközelítéssel, különös hangsúllyal a műszaki halladás hajtóerejére a technológia, műszaki eszközök és művelési környezet vonatkozásában. A jelen időben észlelhető trendek a fontos technológiai ugrás szükségességét jelző jelenségek figyelembevételével, reprezentatív példákkal vannak bemutatva.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Ajoy K., Ghose A.: *Technology vision 2050 for sustainable mining.* Procedia Earth and Planetary Science 09/2009. 1(1): 2–6.
DOI: 10.1016/j.proeps.2009.09.003

[2] Spies, K.: *Methodical Development. Process for Improvement of Methods and Machinery in Mining*. Mining Science & Technology: Proceedings of the International Symposium on Mining Technology and Science, August 1985.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 27–38. old.
http://hdl.handle.net/10598/29731
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.03

NANOSZERKEZETŰ VEGYESOXID VÉKONYRÉTEG-ALAPÚ MÉRETTARTÓ ANÓDOK JELLEMZŐI ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSAIK

NANOSTRUCTURED MIXED OXIDE THIN FILM BASED DIMENSIONALLY STABLE ANODES. CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS

Bitay Enikő[1], Holczer Emil[2], Kormos Fiammetta[2], Manciula Dorin[3], Veress Erzsébet[4]

[1]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Humán Tudományok Kar, 540485 Romania, Marosvásárhely/Târgu-Mureş, OP 9, CP 4, Tel.+40-751-016063*
ebitay@ms.sapientia.ro

[2]*DEKRA Certification SRL, 131 Brâncuşi, RO-400458 Cluj/Kolozsvár, Tel/Fax +40 264443598*
dekra@dekracert.ro

[3]*Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Sciences and Engineering, 30 Fântânele, RO-400294 Cluj/Kolozsvár, Tel.+40 264307030, Fax +40 264307032, dimro21@gmail.com*

[4]*Erdélyi Múzeum-Egyesület, 400750 Romania, Cluj/Kolozsvár, OP 1 CP 191, Tel. +40-743-119275*
veresserzsebet@gmail.com

Abstract
Structural characteristics, functional parameters and electrochemical behaviour were studied of differently prepared sol-gel deposited $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$ and respectively $IrO_2 \cdot SnO_2$ coatings on Ti plates ($SnO_2 \cdot Sb_2O_3$/Ti – ATO/Ti and $IrO_2 \cdot SnO_2$/Ti – IrTO/Ti). The obtained electrodes showed enhanced electrocatalytic activity and increased electrical conductivity, their compositional and structural properties assuring good mechanical, thermal and chemical stability. The DSA® mounted in properly designed PVC holders were successfully tested as working electrodes for waste water treatment.

Keywords: *DSA®, thin layers, $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$/Ti, $IrO_2 \cdot SnO_2$/Ti, waste water treatment*

Összefoglalás
A mérettartó anódokkal kapcsolatos kutatások és a DSA® típusú elektródok alkalmazásainak rövid áttekintése után a dolgozat a szerzők által kifejlesztett, szol-gél eljárással készült $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$/Ti (ATO/Ti) és $IrO_2 \cdot SnO_2$/Ti (IrTO/Ti) elektrokatalizátor rendszerek szerkezeti és elektrokémiai jellemzését ismerteti. A rendszerek jelentős elektrokatalitikus aktivitása, jó mechanikai, termikus és kémiai stabilitása következtében a felhasználásukkal készült DSA® -elektródok jó eredménnyel alkalmazhatók ipari és kommunális szennyvizek elektrokémiai kezelésére.

Kulcsszavak: *DSA®, vékonyrétegek, $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$/Ti, $IrO_2 \cdot SnO_2$/Ti, szennyvízkezelés*

1. Rövid áttekintés

Az 1960-as években előtérbe kerülő *mérettartó anódok* (DSA®, Dimensionally Stable Anodes) [1,2] *elektrokatalizátor rendszerek*: fém (a gyakorlatban általában Ti) hordozóra felvitt egy vagy több komponensű átmenetifém-oxid felületmódosító vékonyréteggel *aktivált elektródok*.

Elektrokatalízis esetén (az elektródfolyamatok specifikus felgyorsítása során) a reakciómechanizmusban előfordul töltésátlépéssel végbemenő részlépés, vagy a katalitikus folyamatban töltésátlépés révén keletkező részecske (species) is részt vesz.

Az aktivált elektród néhány µm vastagságú katalitikus bevonata összességében módosítja az elektródokon lejátszódó rendkívül összetett folyamatok (diffúziós tömegtranszfer, elektrontranszfer, az elektrontranszfert megelőző vagy azt követő kémiai reakció és/vagy egyéb felületi reakciók: adszorpció, deszorpció, depozíció) sebességét.

Az első, $Ir_xTi_{1-x}O_2$ és $Ru_xTi_{1-x}O_2$ összetételű vegyesoxid réteggel bevont Ti-elektródokat H. B. Beer szabadalmaztatta [3], a DSA® ˜elektródokkal foglalkozó első alapvető közlemény a $RuO_2 \cdot TiO_2$ rendszert vizsgálta [4]. Az első jelentős DSA®-alkalmazás a klór-alkáli iparban addig általánosan használt grafitanódok kicserélése [5]. A klór-alkáli technológiák fő terméke a Cl_2, a vegyipar egyik legfontosabb alapanyaga, melléktermék az alternatív üzemanyagként egyre nagyobb jelentőségű nagy tisztaságú H_2. Az új típusú elektródok bevezetése lényegesen csökkentette a technológiák alapját képező elektrokémiai folyamatok fajlagos költségeit**.** Az elektrokatalizátor film minimalizálja a túlfeszültséget és növeli a mellék- és parazita reakciókkal szembeni szelektivitást, jelentősen megnövelve az energiahatékonyságot: a Cl_2-fejlesztéssel versenyző oxigénfejlődésnek a klór-alkáli elektrolízis során való visszaszorítása önmagában 30-35% energiamegtakarítást eredményez [5,7]. A bevonat által a korrozív közegekkel szemben biztosított védelem ugyanakkor biztosítja az elektródok hosszabb élettartamát, csökkentve a karbantartási költségeket. A klór-alkáli cellákban átmenetifém-oxid elektródokon végbemenő elektródfolyamatok [8]:

Oxigénfejlődés esetén

$$S{-}OH \rightarrow S{-}O + H^+ + e^- \quad 1a$$

$$S{-}O + OH^- \rightarrow S\begin{matrix} O \\ OH \end{matrix} + e^- \quad 2a$$

$$2S\begin{matrix} O \\ OH \end{matrix} \rightarrow 2S{-}OH + O_2 \quad 3a$$

Klórfejlődés esetén

$$S{-}OH \rightarrow S{-}O + H^+ + e^- \quad 1b$$

$$S{-}O + Cl^- \rightarrow S\begin{matrix} O \\ Cl \end{matrix} + e^- \quad 2b$$

$$2S\begin{matrix} O \\ Cl \end{matrix} + H^+ + e^- \rightarrow 2S{-}OH + Cl_2 \quad 3b$$

S a felületi katalitikusan aktív helyeket jelöli, (2a) és (2b) a sebességmeghatározó részfolyamat klórtermelés esetén, illetve oxigéntermelésre.

A mérettartó anódok legfontosabb alkalmazása máig a klór-alkáli iparban van [9,10]. A terület iránti érdeklődés azonban azóta sem csökkent, a kapcsolódó tudományos közlemények száma évről évre exponenciálisan nő. A DSA® típusú elektródok ugyanis jól használhatóak más, némelykor extrém körülmények között üzemelő elektrokémiai technológiákban is [11]. Az utóbbi években számos új eljárást kidolgoztak. Az új technológiák legtöbbje környezetvédelmi jellegű, a kommunális és ipari szennyvizek szervesanyag tartalmának elektrokémiai lebontására („kiégetésére”), az ivóvíz, tengervíz (természetes vizek) csíramentesítésére, a denitrifikációra, a CO_2 és NO_x elektrokémiai és fotoelektrokémiai redukálására, egyes ipari szennyvizek és az elektronikai hulladékok nehézfém, színesfém, nemesfém tartalmának (Zn, Cu, Co, Ag, Au) kinyerésére irányul [12-28]. Újabban az alternatív energiaforrásként használható protoncsere membrános (PEMFC, DMFC) és mikrobiális (MFC) üzemanyagcellák, hidrogénfejlesztő cellák és hidrogéncellák kutatása is egyre nagyobb hangsúlyt kap [29-33].

Az elektrokatalizátor rendszerek (DSA® anódok) számos előnnyel bírnak [19]. *Sok-*

oldalúak: egyaránt használhatók direkt és indirekt oxidációs/redukciós folyamatokban, fázisszeparációval járó eljárásokban, széles koncentráció-tartományban alkalmasak mikrolitertől több millió literig terjedő anyagmennyiség feldolgozására, szelektívek, biocidek. *Energiahatékonyak:* a hasonló eredményre vezető egyéb folyamatoknál (égetés, termikus bontás) alacsonyabb hőmérsékletet igényelnek, a potenciál könnyen kontrollálható, az üzemeltetési paraméterek megfelelő tervezésével az energiaveszteség könnyen minimalizálható. *Automatizálásuk* könnyű: az automatizált folyamatvezérlést megkönnyíti, hogy az elektrokémiai folyamatokat meghatározó elektromos paraméterek esetében (j, E) az adatgyűjtés egyszerű. *Környezetbarátok:* az elektron tiszta és hatékony reagens, reaktivitása az elektrokatalizátor megfelelő megválasztásával könnyen szabályozható, lehetővé téve a nemkívánt melléktermékek keletkezésének elkerülését. Végül (de nem utolsósorban) *költséghatékonyak*: a szükséges berendezések általában egyszerűek, működtetésük egyszerű és olcsó, könnyen optimalizálható(ak).

Hátrányuk ugyanakkor, hogy a katalizátor/elektrolit határfelületen végbemenő reakció sebességét korlátozza a tömegtranszport, a katalizátorbevonat kémiai stabilitása pedig agresszív reakcióközegben nem mindig megfelelő, ezért a reakció során inaktívvá válhat. A deaktiválódás oka a felületi aktív centrumok blokkolódása (elmérgeződés), illetve a katalizátor oxidréteg eróziója az elektrolízis során rajta történő folyamatos gázfejlődés következtében [20,21]. A DSA® típusú elektródok élettartamát elsősorban a katalitikus aktivitás csökkenése vagy elvesztése határozza meg.

Jelenleg a DSA® rendszerekkel kapcsolatos, elsősorban anyagtudományi jellegű kutatások az alkalmazott elektrokatalízis kutatás trendjéhez illeszkednek. Az elsődleges célok a klór-alkáli cellák további fejlesztése, új PEM (protoncsere membrános) cellák kifejlesztése, illetve a környezetvédelmi alkalmazások területének szélesítése. A kutatások irányát az aktuális felhasználás által támasztott követelmények adják: az elektrokatalitikus aktivitás szelektivitásának növelése a kívánt reakció irányában, az elektródstabilitás növelése (mind a klórfejlesztő, mind az oxigénfejlesztő anódok munkakörülményeit erősen korrozív elektrolit, nagy áramsűrűség, magas hőmérséklet jellemzi), a mérgező komponensek helyettesítése kevésbé (vagy egyáltalán nem) mérgező anyagokkal, az optimális technológiai paraméterek (jó elektromos vezetés, nagy fajlagos felület stb.) biztosítása, a drága kiindulóanyagok olcsóbbakra cserélése. E követelményeknek az átmenetifém vegyesoxid nanokompozit bevonatos elektródok szinte maradéktalanul megfelelnek: jó elektrokatalizátorok, jó vezetők vagy félvezetők, korrózióállók, kopásállók.

A bevonatképzés leggyakrabban szolgél eljárással történik, de a konkrét alkalmazásnak megfelelően történhet elektrokémiai úton vagy egyéb eljárással is (CVD, PVD). A rendszer elektrokatalitikus aktivitása, technológiai paraméterei és élettartama a vegyesoxid bevonat kémiai összetételétől és szerkezetétől (elektromos faktor), illetve a felületi morfológia által meghatározott geometriai faktortól függ. A felületi morfológia, szerkezet és összetétel a bevonó réteg előállítási körülményeinek megváltoztatásával, valamint a vegyesoxid (kisebb mértékű) további adalékolásával módosítható. A „hagyományos” DSA® rendszerek esetében a hordozó elektród anyaga tipikusan Ti, az elektrokatalitikusan aktív bevonat pedig TiO_2- vagy/és ZrO_2-, SnO_2-, Ta_2O_5-stabilizált RuO_2 és/vagy IrO_2, az utóbbi időben azonban a Ta-hordozón Ta_2O_5-stabilizálóval készült elektródok szennyvíztisztításra, ózon előállítására alkalmasabbnak bizonyultak az eddig leginkább használt $IrO_2/TiO_2/Ti$, $RuO_2/TiO_2/Ti$ rendszereknél.

2. DSA® kutatás-fejlesztés a kolozsvári „Raluca Ripan" Kémiai Intézetben (ICRR Cluj)

Az SnO_2 és az IrO_2 az ipari katalitikus anódok gyakran használt anyaga. A különböző módon előállított, jó elektrokatalizátor, hőálló, savakkal, klórral, oxigénnel szemben korrozióálló, mérettartó anódként jól használható, $Sb_2O_3 \cdot SnO_2$ és $IrO_2 \cdot SnO_2$ filmbevonatos titán hordozó-elektródokkal (ATO/Ti, illetve IrTO/Ti rendszerekkel) máig sokat foglalkoznak [34−39]. Az elmúlt években a kolozsvári „Raluca Ripan" Kémiai Kutatóintézet Elektrokémiai Osztályának kutatói *Nanoszerkezetű vegyesoxid vékonyrétegek* című projektjük keretében ATO/Ti és IrTO/Ti rendszereket is vizsgáltak. A kutatás célja saját készítésű, környezettisztításra alkalmazható, optimális elektrokémiai és műszaki paraméterekkel és minél hosszabb élettartammal rendelkező DSA® rendszerek kifejlesztése. A dolgozat az alábbiakban az előzetes mérési eredmények alapján kiválasztott ATO/Ti és IrTO/Ti DSA® rendszerekre vonatkozó néhány eredményt mutat be.

2.1. A vizsgált DSA® rendszerek előállítása és jellemzése

Az elektrokatalitikus vékonyréteget hordozó módosított felületű elektródok esetében elvárás, hogy a felületmódosító film amellett, hogy tulajdonságai révén biztosítja a megfelelő működési paramétereket és stabilitást, minél vékonyabb lehessen. A felületmódosító vékonyrétegek mechanikai és kémiai stabilitása, valamint a hordozó anyagához való tapadása nagymértékben függ a morfológiától és a szerkezeti jellemzőktől: a kristályszerkezettől, krisztallitalaktól, szemcseméret-megoszlástól, szövetszerkezettől (egyenletesség, érdesség, kristályossági fok). Előzetes mérési eredményeink szerint [40] az IrTO/Ti rendszerhez hasonló ATO/Ti rendszer előállításához általunk használt eljárások közül (CVD – kémiai gőzleválasztás, PVD – fizikai gőzleválasztás, SG – szol-gél) mind a vegyesoxid film előbb említett jellemzőinek, mind a leválasztott réteg vastagsága és tapadása szempontjából, mind gazdasági (költség-) megfontolásból az SG módszer volt a legmegfelelőbb.

2.1.1. Az ATO/Ti és IrTO/Ti rendszerek és a DSA® -elektródok előállítása

Szol-gél eljárással 1 cm^2 alapterületű (d=0,3 mm) korong alakú, síkpárhuzamos Ti-lemezek egyik oldalát $0{,}74SnO_2 \cdot 0{,}26Sb_2O_3$ összetételű (ATO), illetve $0{,}9SnO_2 \cdot 0{,}1IrO_2$ összetételű (IrTO) vékonyréteg bevonattal fedtük (ATO szol prekurzor: 0,9 M $SbCl_3$ és 2,5 M $SnCl_2$, oldószer: vizes i-PrOH; IrTO szol prekurzor: 0,1 M H_2IrCl_6 és 0,9 M $SnCl_4$, oldószer: vizes PrOH – i-PrOH keverék). A megfelelően előkezelt Ti-hordozóra 0,1 M HCl közegben készített homogén szolt ecseteltünk 1, 2, illetve 3 rétegben (szárítás levegőn, 60°C-on), majd az IrTO-bevonatot 300, 350, illetve 400°C-on, az ATO-bevonatot 300, 350, 400, 450, illetve 500°C-on ráégettük. A prekurzor savas alkoholízisét követő kondenzációs-polimerizációs folyamatban nanostrukturált mikro- és/vagy nanokristályos szerkezetű $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$, illetve $IrO_2 \cdot SnO_2$ keletkezett, az alábbi részfolyamatoknak megfelelően (M – Sn, Ir; ROH – PrOH, i-PrOH): [41]

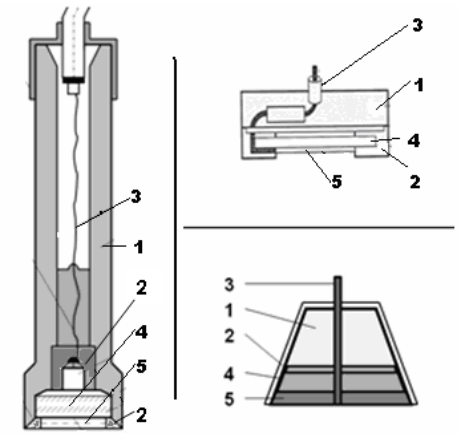
$$MCl_4 + 4ROH \rightarrow M(OR)_4 + 4HCl \quad (1)$$

$$M(OR)_4 + H_2O \rightarrow M(OR)_3OH + ROH \quad (2)$$

$$M(OR)_3OH + M(OR)_4 \rightarrow (RO)_3M\text{-}O\text{-}(RO)_3 + ROH \quad (3)$$

$$(RO)_3M\text{-}O\text{-}M(RO)_3 \xrightarrow{\text{hőbomlás}} 2\,MO_2 + 2\,R_2O \quad (4)$$

Az elektrokémiai jellemzők illetve az alkalmazási lehetőségek vizsgálatához. a bevonatolt titánlemezeket PVC elektródtestbe rögzítettük (**1. ábra**).



1. ábra. *Saját DSA® konstrukciók.1. elektródtest, 2. szigetelő rögzítés, 3. kivezető kábel, 4. Ti-hordozó, 5. IrTO-réteg.*

2.1.2. Az ATO/Ti *és* IrTO/Ti *rendszerek jellemzése*

Mivel a hasonló bevonatok szerkezetében megfigyelhető, általában nem sztöchiometrikus vegyesoxidok kialakulása függ a szol és gél előállítási körülményeitől, illetve az égetési hőmérséklet-idő diagramtól, és nagymértékben befolyásolja a végtermék elektród ellenállását és katalitikus aktivitását, az előállítási körülmények függvényében vizsgáltuk az ATO- és IrTO-filmek pontos összetételét, szerkezetét, elektrokémiai tulajdonságait, korrózióállóságát [41-44].

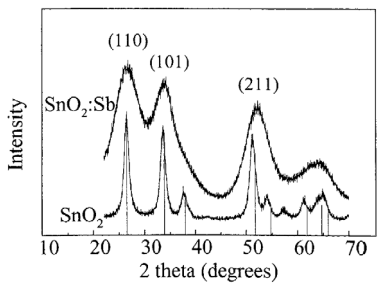
A vékonyrétegek *felületi topográfiáját* Nanoscope Dimension 3100 AFM mikroszkóppal, *morfológiáját* ZEISS EVO 40 XVP SEM mikroszkóppal, *szerkezetét* Philips PW 3710 röntgendiffraktométerrel vizsgáltuk ($\lambda_{CuK\alpha1}$=1,5405Å, 2θ=10–70°).

A korrózióállóság (kémiai ellenállás) jellemzésére a felületi (négyzetes) ellenállás és az elektrokémiai potenciál időbeni változását mértük 25°C-on, két-két, eltérő rétegvastagságú, 300, 350 és 400°C-on kalcinált IrTO/Ti, illetve 300, 350, 400, 450 és 500°C-on ráégetett ATO/Ti elektródon.

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 háromelektródos elektrolizáló cellában történt (ATO/Ti, illetve IrTO/Ti munkaelektród, telített kalomel [SCE] referencia-elektród, Pt lap segédelektród).

SEM-EDS adatok szerint az ATO és IrTO filmek összetétele megfelelt a kiinduló anyagok (prekurzorok) arányának.

Az ATO/Ti és IrTO/Ti rendszerekről készült röntgendiffraktogramok alapján (**2.** és **3. ábra**) a vegyesoxid filmek szerkezete részlegesen rendezetlen, mikrokristályos, a krisztallitok orientációja véletlenszerű. A filmek mindkét rendszer esetében jellemzően megtartják a kassziterit (valamennyire torzult) tetragonális rutilszerkezetét. A rácstorzulás oka a Sb-, illetve Ir-kationoknak az Sn-kation helyére való részleges beépülése.

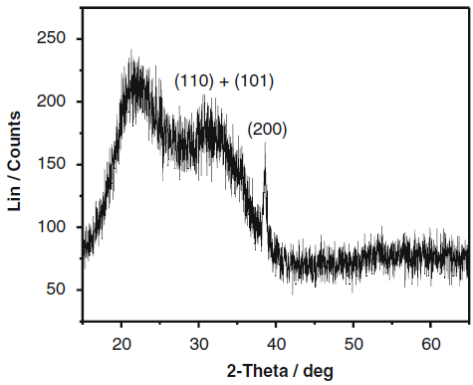


2. ábra. ATO/Ti *rendszer diffraktogramja (három ATO-réteg, égetés 500°C-on)* [35].

Az ATO/Ti rendszer diffraktogramja lényegében megfelel a kassziteritnek. A viszonylag nagy mennyiségben jelen levő Sb_2O_3-adalék ellenére a polikristályos oxidréteg megtartotta a rutilszerkezetet (a Sb_2O_3-mennyiség a **2. ábrán** szereplő mintában 15 mol%, saját mintáinkban 7,75 mol%), azonban egyrészt a Sb-atomok beépülése által okozott rácstorzulások miatt, másrészt a tetragonális SnO_2 jellemző diffrakciós vonalaival átfedésben levő, az amorf szemcsehatárokon kiváló ortorombos

Sb_2O_3 krisztallitok diffrakciós vonalainak megjelenése miatt a kassziteritvonalak kiszélesedtek („amorf dombok"), a vegyesoxid réteg részleges szerkezeti rendezetlenségére utalva [35].

Az IrTO/Ti rendszer diffraktogramján (**3. ábra**) a 25° és 35° között jelentkező két amorf domb alapján a vegyesoxid mátrix részlegesen amorf, nanokristályos SnO_2 és IrO_2 doménekkel. A 350°C alatt égetett minták esetében a kassziterit (SnO_2) mellett a hidratált IrO_2 dominál, a 400°C-on égetett filmekben azonban már csupán tetragonális-rutil-szerkezetű IrO_2 van jelen.

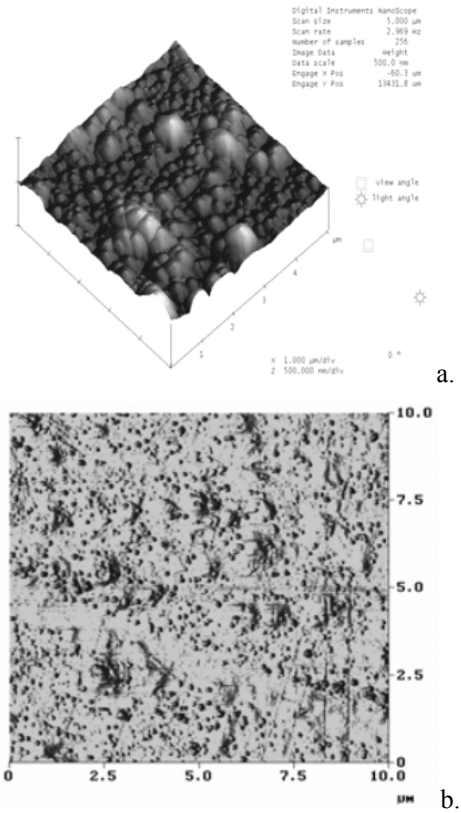


3. ábra. IrTO/Ti *rendszer diffraktogramja (3 réteg, égetés 400 °C-on)* [36].

A 38°-nál jelentkező diffrakciós vonal a SnO_2 mellett a vegyesoxid film és a hordozó Ti között kialakult köztes TiO_2-rétegnek tulajdonítható. A tiszta SnO_2- és IrO_2-krisztallitok preferált orientációja az irodalmi adatoknak megfelelően (110) és (200) [36].

Az AFM és SEM vizsgálatok szerint mind az ATO-, mind az IrTO-film rétegszerkezete egyenletes eloszlású.

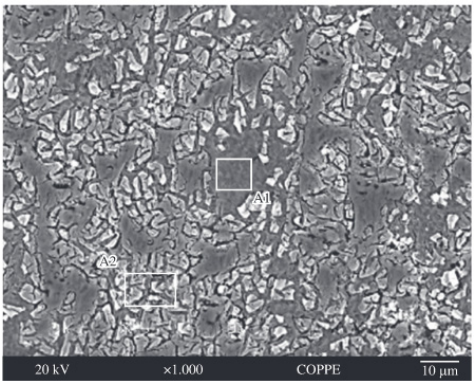
Az ATO filmeket (**4. ábra**) gömb alakú, d = 80-120 nm átmérőjű szemcsék alkotják (az átlagos szemcseméret 105 nm).



4. ábra. ATO *réteg felületvizsgálata. (a) AFM; (b) SEM (3 réteg, égetés: 500 °C)* [40].

Az IrTO-filmek repedezett felületűek (**5. ábra**). A repedezettség (a katalizátorréteg porozitása, azaz az aktív felület) az IrO_2 koncentrációval párhuzamosan nő, ezzel párhuzamosan azonban a réteg tapadása és mechanikai ellenállása csökken. Méréseink szerint a 10 mol%-nál nagyobb mennyiségű IrO_2-t tartalmazó IrTO-filmek műszaki paraméterei már nem megfelelőek.

Korrózióval szemben a háromszoros rétegvastagságú, 500°C-on, illetve 400°C-on kalcinált ATO/Ti- és IrTO/Ti-elektródok bizonyultak a legstabilabbnak.



5. ábra. IrTO/Ti-*elektród aktív felületének SEM képe (3 réteg, 400 °C).* [39]

Tömény sóoldatban (1M NaCl) és erősen lúgos közegben (1M NaOH) az IrTO/Ti-elektródok stabilitása megfelelő (25-30 nap), és gyakorlati szempontból kielégítő (mintegy 15 nap) a legagresszívebbnek bizonyuló 1M $HClO_4$-oldatban is (**1. táblázat**).

1. táblázat. *IrTO/Ti rendszer korrózióállósága vizes közegekben* [41]

Napok	Korrozív közeg					
	$HClO_4$ 1M		NaOH 1M		NaCl 1M	
	R_s Ω/□	E_{kor} mV	R_s Ω/□	E_{kor} mV	R_s Ω/□	E_{kor} 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

Tervezett későbbi felhasználásukra való tekintettel az ATO/Ti-elektródok kémiai stabilitását 1M H_2SO_4-, 1M NaOH- és 1M H_2O_2-oldatban teszteltük. Bár az elektródstabilitás ez esetben is kielégítőnek mondható (legalább 15 nap), az IrTO/Ti rendszereknél gyengébb (**2. táblázat**).

2. táblázat. *ATO/Ti rendszer korrózióállósága vizes közegekben* [43]

Napok	Korrozív közeg					
	H_2SO_4 1M		NaOH 1M		H_2O_2 1M	
	R_s Ω/□	E_{kor} mV	R_s Ω/□	E_{kor} mV	R_s Ω/□	E_{kor} mV
1	30	120	37	370	35	298
3	30	120	37	370	33	295
7	30	120	37	370	34	294
15	31	122	35	370	34	287
30	32	125	33	367	31	277

2.1.3. ATO/Ti és IrTO/Ti DSA®-elektródok alkalmazása szerves vízszennyezők elektrokémiai lebontására

Az utóbbi években egyre nagyobb teret nyert a természetes vizek és szennyvizek más úton nehezen eltávolítható szerves szennyezőinek (olajok, fenolszármazékok, festékanyagok, gyógyszerhatóanyagok stb.) elektrokémiai úton, anódos oxidációval való lebontása. Felmerült ugyanakkor az igény az erre a célra használt, általában nemesfém (platina, arany) elektródoknak olcsóbb, ugyanakkor jó elektrokatalitikus tulajdonságokkal és megfelelően hosszú élettartammal rendelkező (korrózióálló, kopásálló, elmérgeződéssel szemben ellenálló) új típusú elektródokkal való helyettesítésére. Mivel a DSA®-elektródok erre a célra teljes mértékben megfelelőnek mutatkoztak, megvizsgáltuk az optimális fizikai és műszaki paraméterekkel rendelkező saját konstrukciójú, $0{,}74Sb_2O_3 \cdot 0{,}26SnO_2$, illetve $0{,}1IrO_2 \cdot 0{,}9SnO_2$ vékonyréteggel módosított felületű titán DSA®-elektródok (ATO/Ti és IrTO/Ti) viselkedését és hatékonyságát néhány közismert szerves anyag vizes oldatában, erre való alkalmasságuk megállapítása érdekében.

2.1.3.1 A DSA®-elektródokon végbemenő elektrokémiai folyamat reakció-mechanizmusa

A szerves anyagok DSA® típusú elektródokon vizes oldatban végbemenő elektrokémiai lebontásának lépései: [22]

– az oxidkerámia felület MOx aktív helyeire víz adszorpciója által Mx(•OH)ads és MOx+1 keletkezik (az anódfelületen kétféle állapotú aktív oxigén jelenik meg: fiziszorbeált •OH és kemiszorbeált MOx+1):

$$MO_x+H_2O \rightarrow MO_x(\bullet OH)_{ads}+H^++e^- \quad (5)$$
$$MO_x(\bullet OH)_{ads} \rightarrow MO_{x+1}+H^++e^- \quad (6)$$

– oxidálható szerves anyag *hiányában* mindkétféle aktív oxigén dioxigént termel:

$$MO_x(\bullet OH)_{ads} \rightarrow MO_x+\tfrac{1}{2}O_2+H^++e^- \quad (7)$$
$$MO_{x+1} \rightarrow MO_x+\tfrac{1}{2}O_2 \quad (8)$$

– oxidálható szerves anyagok *jelenlétében* a fiziszorbeált •OH gyökök elsősorban ezek teljes égetésében, a kemiszorbeált MO_{x+1} spécieszek pedig a szelektív elektrokémiai oxidációban vesznek részt:

$$MO_x(\bullet OH)_{ads}+R \rightarrow MO_x+CO_2+zH^++ze^- \quad (9)$$
$$MO_{x+1}+R \rightarrow MO_x+RO \quad (10)$$

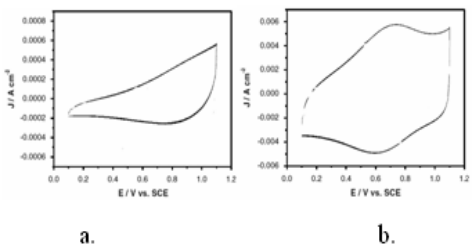
Az oxidáció és az oxigénfejlődés sebességét a (•OH) gyökök keletkezése határozza meg.

Katalitikusan aktív oxid elektródokon az elektrokémiai konverziónak megfelelő (10) részreakció kedvezményezett a (9) égéssel szemben.

2.1.3.2 A saját konstrukciójú ATO/Ti és IrTO/Ti DSA®-elektródok viselkedése vizes elektrolitokban

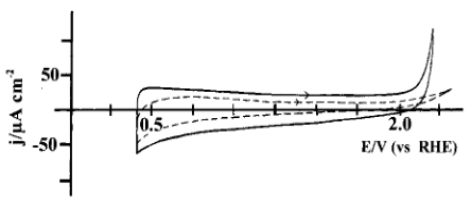
Az egyes reakciórendszerekben az elektródfelületen végbemenő *elektródfolyamatok* vizsgálatára *ciklikus voltammetriás* (CV) méréseket végeztünk (SCANGEN modullal ellátott Autolab PGSTAT20, BAS típusú háromelektródos cella Pt lap kontraelektróddal és ESC vonatkozási elektróddal, pásztázó sebesség: 100 mV/s, potenciáltartomány: 0.1 ÷ 1.1 V_{SCE}). A CV mérések adataiból meghatározható az elektrokémiai folyamatban kicserélt elektronok száma, a katalizátorfelületen levő aktív centrumok sűrűsége. A voltammetriás csúcstöltés nagysága függ a felület porozitásától és az aktív centrumok lehetséges felületi dúsulásától, segítségével következtetni lehet az elektród elektrokatalitikus aktivitására az adott reakciórendszerben.

A vizes 0.1M $HClO_4$ elektrolitoldatban felvett voltammogramok alapján (**6. ábra**) ideálisnak tekinthető körülmények között az ATO/Ti rendszer kvázireverzibilisnek, az IrTO/Ti rendszer reverzibilisnek mondható.

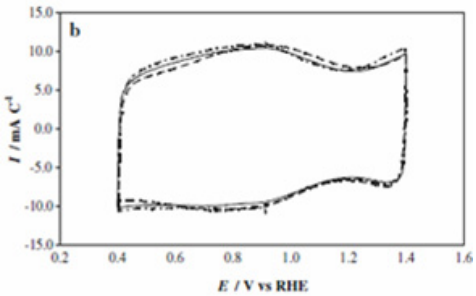


6. ábra. *Ciklikus voltammogramok. a.* ATO/Ti*; b.* IrTO/Ti *(elektrolit: 0.1M $HClO_4$).*

A katalizátorfelület stabilitása jó (**7.** és **8. ábra**). Az első CV ciklus során fellépő „aktiválódás" után többször megismételt ciklizálások során a voltammetriás görbe többé nem mozdul el.

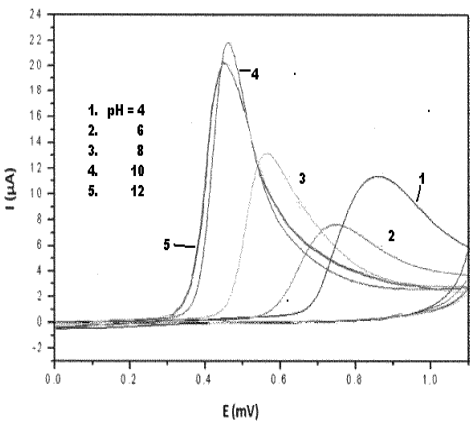


7. ábra. ATO/Ti *DSA®, CV (0.5M H_2SO_4)* [45].

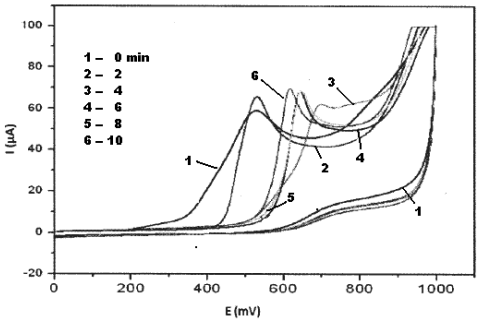


8. ábra. IrTO/Ti *DSA®-rendszer, CV (elektrolit: 0.5M H_2SO_4).*

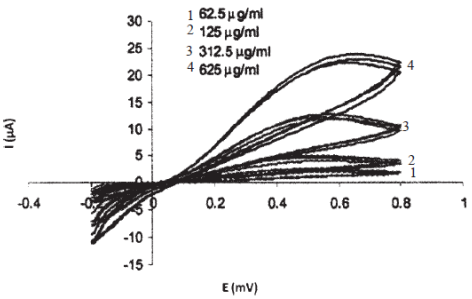
Az optimális jellemzőkkel rendelkező, saját konstrukciójú ATO/Ti DSA®-elektródok gyakorlati alkalmazásának lehetőségét egyelőre csak néhány, a szakirodalomban gyakran alkalmazott modellrendszerben vizsgáltuk. Az elektrokatalitikus oxidáció sikerességét és hatékonyságát a modellként használt szerves szennyezők vizes oldatában végzett ciklikus voltammetriás kísérletek alapján ítéltük meg, megvizsgálva egyes kísérleti paraméterek (pH, ciklizálás száma, az oldott szennyező koncentrációja) befolyását az elektrooxidáció folyamatára (**9–11. ábra**).



9. ábra. *Fenol anódos oxidációja* ATO/Ti-*elektródon. A pH hatása (első ciklus, ciklizálási sebesség: 100mV/s)* [40].



10. ábra. *Metilnarancs (metiloranzs) anódos oxidációja* ATO/Ti-*elektródon. A ciklizálási idő hatása (első ciklus, ciklizálási sebesség: 100mV/s, pH=11)* [40].



11. ábra. *Variaminkék anódos oxidációja* ATO/Ti-*elektródon. Az oldott szerves szennyező koncentrációjának hatása (alap-elektrolit: KCl, három ciklus, ciklizálási sebesség: 100mV/s)* [40].

A **9–11. ábrá**n bemutatott eredmények alapján kitűnik, hogy a reális körülményekhez közeli feltételek mellett vizsgált ATO/Ti elektródokon végbemenő elektrokémiai folyamatok (egyébként várható módon) nagymértékben függnek a reakcióközeg pH-jától, a voltammetriás ciklusok számától, az elektrooxidáció pedig (legalábbis a variaminkék esetében) széles koncentrációtartományban sikeresen végbemegy. Ez utóbbi esetben a voltammogramok alapján a CV módszer akár mennyiségi meghatározásra is alkalmas lehet.

Látható ugyanakkor, hogy a vizsgált elektródok ATO oxidkerámia rétegének

elektrokatalitikus tulajdonságait az egyes elektrokémiai rendszerek (az alkalmazott körülmények között legalábbis) nem befolyásolták.

3. Következtetések

Dolgozatunkban röviden áttekintettük a mérettartó anódokkal kapcsolatos kutatások és a DSA® típusú elektródok alkalmazásainak pillanatnyi helyzetét, és bemutattunk két saját fejlesztésű DSA® típusú elektródot. Az ATO/Ti és IrTO/Ti típusú rendszerek szol-gél eljárással készült $SnO_2 \cdot Sb_2O_3$/Ti (ATO/Ti), illetve $IrO_2 \cdot SnO_2$/Ti (IrTO/Ti) elektrokatalizátor tulajdonságú kerámia vékonyréteggel fedett Ti-lemezből állnak. A rendszerek jelentős elektrokatalitikus aktivitással, jó mechanikai, termikus és kémiai stabilitással rendelkeznek. E tulajdonságaik alapján megvizsgáltuk esetleges alkalmasságukat ipari és kommunális szennyvizek elektrokémiai kezelésére.

*Bár a dolgozatban a gyakorlati felhasználást tekintve csupán előzetes eredményekről adunk számot, a bemutatott voltammogramok alapján (**9–11. ábra**) a konkrét munkakörülményekre megfelelően beállított paraméterek mellett a saját megvalósítású ATO/Ti-elektródok (és hozzájuk hasonlóan az IrTO/Ti-elektródok is) sikeresen alkalmazhatók a szennyvízkezelésben való felhasználásra.*

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Trasatti, S.: *Electrocatalysis: understanding the success of DSA®*. Electrochimica Acta, 45 (15), 2000. 2377–2385.

[2] Duby, P.: *The-history of progress in dimensionally stable anodes.* JOM (The Journal of The Minerals, Metals and Materials Society), 45 (3), 1993. 41–43.

[3] Beer, H.B.: *Improvements in or relating to electrodes for electrolysis.* British Patent 1,147,442, 1965.

[4] Trasatti, S., Buzzanca, G.: *Ruthenium dioxide: a new interesting electrode material. Solid state structure and electrochemical behaviour.* Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry, 29 (2), 1971. A1-A5.

[5] De Nora, V., von Burgsdorff, J.W.K.: *Der Beitrag der dimensionsstabilen Anoden (DSA) zur Chlor-Technologie*. Chemie Ingenieur Technik, 47, 1975. 125–128.

[6] Kiros, Y, Bursell M.: *Low energy consumption in chlor-alkali cells using oxygen reduction electrodes.* International Journal of Electro-chemical Science, 3, 2008. 444–451.

[7] Karlsson R.K.B., Cornell A.: *Selectivity between oxygen and chlorine evolution in the chlor-alkali and chlorate processes: a comprehensive review*. Chemical Reviews, 116 (5), 2016. 2982–3028.

[8] Trasatti, S.: *Physical electrochemistry of ceramic oxides*. Electrochimica Acta, 36 (2), 1991. 225–241.

[9] Jörissen, J.: *Chlorine and Caustic Technology, Overview and Traditional Processes.* In *Encyclopedia of Applied Electrochemistry*, Elsevier, 2014. 194–200.

[10] Bebelis S. és mások: *Highlights duing the development of electrochemical engineering*. Chemical Engineering Research and Design, 9 (10), 2013. 1998–2020.

[11] Cardarelli, F. és mások: *Preparation of oxygen evolving electrodes with long service life under extreme conditions*. Journal of Applied Electrochemistry, 28 (3), 1998. 245–250.

[12] Hine, F.: *Science and Technology for the Development of Electrochemical Industry*. Electrochemical Society Transactions, 16 (13), 2008. 69–80.

[13] Rajeshwar, K.I, és mások: *Electrochemistry and the environment*, Journal of applied electrochemistry, 24 (11), 1994, 1077–1091.

[14] Trasatti, S.: *Electrochemistry and environment: the role of electrocatalysis*. International journal of hydrogen energy, 20 (10), 1995. 835–844.

[15] Savall, A.: *Electrochemical treatment of industrial organic effluents*. Chimia, International Journal for Chemistry, 49 (1-2), 1995. 23–27.

[16] Comninellis, C.: *Electrochemical oxidation of organic pollutants for wastewater treatment*, in *Environmental Oriented Electrochemistry*; series *Studies in Environmental Science*. 59, Sequeira, C.A.C., ed.; Elsevier, 1994. 77–102.

[17] Sillanpää, M. és mások: *NOM removal by electrochemical methods*. Chapt. 4. In *Natural Organic Matter in Water: Characterization and Treatment Methods*. Butterworth-Heinemann, 2014. 81–112.

[18] Scibioh, M.A. és mások: *Electrochemistry for a cleaner environment*. Research Signpost, Kerala, India, 2003. 85 pp.

[19] Martinez-Huitle, C.A., Ferro, S.: *Electrochemical oxidation of organic pollutants for the wastewater treatment: direct and indirect processes*. Chemical Society Reviews, 35 (12), 2006. 1324–1340.

[20] Hoseinieh, S.M., Ashrafizadeh, F.: *Influence of electrolyte composition on deactivation mechanism of a* $Ti/Ru_{0.25}Ir_{0.25}Ti_{0.5}O_2$ *electrode*. Ionics, 19 (1), 2013. 113–125.

[21] Vallet, C.E. és mások: *A study of the failure mechanism of chlorine anodes*. Research Report No. CONF-950518-17, Oak Ridge National Laboratory, 1995. 31 pp.

[22] Klamklang, S. és mások: *Electrochemical incineration of organic pollutants for wastewater treatment: Past, present and prospect*. Chapt. 15. In *Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention, Environmental and Analytical Update.* InTech Open, 2012. 365–382.

[23] Kraft, A.: *Electrochemical water disinfection: a short review. Electrodes using platinum group metal oxides*". Platinum Metals Revue, 52 (3), 2008. 177–185.

[24] Saleem, M., és mások: *On site electrochemical production of sodium hypochlorite disinfectant for a power plant utilizing seawater*. International Journal of Electrochemical Science, 7 (5), 2012. 3929–3938.

[25] Oturan, M.A., Aaron, J.J.: *Advanced oxidation processes in water/wastewater treatment: principles and applications. A review*, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44 (23), 2014. 2577–2641.

[26] Martínez-Huitle, C.A. és mások: *Single and coupled electrochemical processes and reactors for the abatement of organic water pollutants: a critical review*. Chemical reviews, 115 (24), 2015. 13362–13407.

[27] Kim K.W. és mások: *A continuous denitration process using chemical and electrolytic systems accompanying the precipitation of metal ions*. Journal of nuclear science and technology, 41 (4), 2004. 473–480.

[28] V. Valdovinos, V. és mások: *Treatment methods for radioactive wastes and its electrochemical applications*, Chapt. 14 in *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*. Hernandez-Soriano, M.C., ed., InTech Open, 2014. 397–426.

[29] Bagotsky, V.S.: *Fuel cells: problems and solutions*. ECS series, vol. 56. John Wiley & Sons, 2012.

[30] Bessarabov, D, Wang, H., Li, H., Zhao, N., eds., *PEM electrolysis for hydrogen production: principles and applications*. CRC Press, 2016.

[31] Carmo, M. és mások: *A comprehensive review on PEM water electrolysis*. International Journal of Hydrogen Energy, 38 (12), 2013. 4901–4934.

[32] Frese, K.W., és mások: *Electrochemical oxidation of methane for fuel cells*. *Annual Report* 1990, Interfacial Sciences, Inc., Santa Clara, CA. 1, 1991.

[33] Lamy, C. és mások: *Clean hydrogen generation through the electrocatalytic oxidation of ethanol, in a Proton Exchange Membrane Electrolysis Cell (PEMEC): Effect of the nature and structure of the catalytic anode*. Journal of Power Sources, 245, 2014. 927–936.

[34] Ortiz, P.I. és mások: *Composite materials for electrocatalysis:* $Ti/(SnO_2+ IrO_2)$ *surface and electrocatalytic properties studied by impedance and* Cl_2 *evolution*. Journal of New Materials for Electrochemical Systems, 7 (2), 2004. 153–159.

[35] Goebbert, C. és mások: *Wet chemical deposition of ATO and ITO coatings using crystalline nanoparticles redispersable in solutions*. Thin Solid Films, 351 (1), 1999. 79–84.

[36] Battaglin, G. és mások: *Characterization of IrO_2-SnO_2 Films Prepared by Physical Vapor Deposition at Ambient Temperature*. Electrocatalysis, 4 (4), 2013. 358–366.

[37] Pathiraja, G.C. és mások: *Comparison study of dimensionally stable anodes for degradation of chlorpyrifos in water*. Current Science, 107 (2), 2014. 219–226.

[38] Pathiraja, G.Ch. és mások: *Oxygen evolution reaction of Ti/IrO_2–SnO_2 electrode: a study by cyclic voltammetry, Tafel lines, EIS and SEM*. Bulletin of Materials Science, 39 (3), 2016. 803–809.

[39] Santos, I.D., és mások: *Preparation and Characterization of Ti/SnO_2-Sb Electrode by Pechini's Method for Phenol Oxidation*. Materials Research. 14 (3), 2011. 408–416.

[40] Kormos, F. és mások: *The stability of SnO_2: Sb (ATO) nanostructured protecting films on glass*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 1, 2006. 107–114.

[41] Jitaru, M. és mások: *Investigation on nanostructured metal oxide composite material with electrocatalytical properties*. In *Proceedings of CAS 2005*, IEEE,Vol. 1, 2005. 69–72.

[42] Manciula, D. és mások: *SnO_2 alapú nanokompozitok elektrokémiai alkalmazásai*. In *Műszaki tudományos füzetek 2014*, Bitay E. szerk., Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2014. 281–284.

[43] Manciula, D. és mások: *IrO_2·SnO_2 Nanokompozit vékonyrétegek elektrokémiai viselkedésének vizsgálata*. In *Műszaki tudományos közlemények 3, 2015*, Bitay E., szerk., Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2015. 207–210.

[44] Sajo, I. és mások: *Dimensional Stable Anode Based on Nanostructured Metal Oxide Composite Material for Waste Water Treatment*. Revista de Chimie, 62 (2), 2011. 250–253..

[45] Vicent, F. és mások: *Characterization and stability of doped SnO_2 anodes*. Journal of Applied Electrochemistry 28 (6), 1998. 607–612.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 39–50. old.
http://hdl.handle.net/10598/29732
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.04

A MAGYAR MŰSZAKI NYELV ÚTTÖRŐI. DEBRECZENI MÁRTON MŰSZAKI ÖRÖKSÉGE

THE PIONEERS OF THE HUNGARIAN TECHNICAL LANGUAGE. THE TECHNICAL HERITAGE OF MÁRTON DEBRECZENI

Bitay Enikő [1,2]

[1] *Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C., ebitay@ms.sapientia.ro*

[2] *Erdélyi Múzeum-Egyesület, Műszaki Tudományok Szakosztály, Kolozsvár, 400009 Cluj-Napoca, str. Napoca (Jókai u.) 2-4., bitay.eniko@eme.ro*

Abstract

This paper presents the historical circumstances of born of Hungarian technical language and terminology – an element of inestimable importance that makes possible the scientific and engineering thinking and creation in Hungarian. It draws a complex image of circumstances, implying the influence of the major branches of the heavy industry of the 18th century: mining and metallurgy. It is a well-known fact that the scientific literature at the disposal of Hungarian engineers was written in German. In the same time the rate of the Hungarian employees was small. As a conclusion, the publication of technical books or dictionaries written in Hungarian demanded a lot of intellectual and financial effort.

Despite of the fact that the paper's purpose is to present the value of the creation of Márton Debreczeni, a large amount of brilliant minds are mentioned too. This is important for showing the real aspect and structure of the scientific state and condition.

Keywords: *Márton Debreczeni, Hungarian terminology, metallurgy, dictionary editing*

Összefoglalás

Jelen dolgozat a magyar tudományosságot definiáló, a magyarul való alkotást lehetővé tevő igen fontos eszköznek, a tudományos nyelv, szűkebb értelemben a szaknyelv megszületését világítja meg. Részletes képet rajzol a jelenséget előidéző körülményekről, burkoltan utalva a két legfontosabb nehézipari ág, a bányászat és a kohászat szerepére. Ismert és elfogadott tény, hogy az említett területeken rendelkezésre álló munkák igen jelentős része német nyelven jelent meg, ugyanakkor a műszaki személyzetnek számaránya igen alacsony volt, így a magyar nyelvű könyvek, szótárak szerkesztése sok áldozattal járt.

A dolgozat, annak ellenére, hogy a Debreczeni Márton felbecsülhetetlen értékű szótárkészítő és szaknyelvalapító munkásságát méltatja, sok más értékes, alkotó szellemet is megemlít, ezáltal összefüggéseiben szemlélteti az akkori idők értékteremtő kontextusát.

Kulcsszavak: *Debreczeni Márton, magyar műszaki szaknyelv, kohászat, szótárszerkesztés*

1. Bevezetés

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya egyik kitűzött célja műszaki nagyjaink, jeles elődeink életének, munkásságának kutatását ösztönözni, hagyatékait feltárni, gyűjteni, őrizni, feldolgozni s a nyilvánosság elé bocsátani. A következő nemzedék számára ismertté tenni, ezáltal példaértékű erőt, hitet merítve (sugallva), hogy érdemes a műszaki pályát felvállalni s igaz értéket teremteni ezen a területen is. Nem titkolt szándékunk, hogy a kutatásba, gyűjtési munkálatokba a fiatalokat azért vonjuk be, hogy merjenek nagyot alkotni, lássák, megismerjék elődeik sorsát, küzdelmét, s érzékeljék azt a tényt, hogy az eredmények, sikerek útját csakis a szakma tisztelete, a kitartó munka s az erős hit és önbizalom alapozhatja meg.

Az elmúlt években sok példa volt arra, hogy műszaki nagyjaink és alkotásaik emlékére ülésszakot, kiállítást szerveztünk. Példaként említjük a Kerpely Antal (2001), Debreczeni Márton (2002), Kós Károly (2013) és Szentkirályi Zsigmond (2014) emlékülést, a diákokkal és a diákoknak szervezett Bánki Donát versenypályázatot, kiállítást (2010), illetve *A detektoros rádiótól az internetig* című kiállítást (2006).

A kutatások is szép számban elindultak, Debreczeni Márton (2009), Kós Károly (2011), Martin Lajos (2012), Pákei Lajos (2013), Szentkirályi Zsigmond (2014) életművének feltárására.

A kutatások forrásanyagainak feltárása közben azt vettük észre, hogy a legtöbb műszakis tudósra jellemző volt, hogy írással is foglalkozott, ugyanakkor kéziratai hosszú ideje feldolgozatlanok, avagy részben feldolgozatlanok, ismeretlenek maradtak, és műszaki jellegük nincs kellőképpen kiemelve. Ekkor fogalmazódott meg az a gondolat, hogy egy adattárat hozzunk létre számukra, melyben nem csupán a műveiket helyezzük el, s a róla szóló irodalmat, hanem a kéziratos hagyatékukat is. Meggyőződésünk, hogy az általuk művelt szakterület forrásanyaga, avagy kiadatlan saját műveik számottevő hasznos információt tartalmaznak az adott területen kutatók számára.

Debreczeni Márton hagyatékát gróf Mikó Imre gyűjtötte össze és helyezte el az Erdélyi Múzeum-Egyesület Kézirattárában. E forrásdokumentumok jelenleg a Kolozsvári Állami Levéltárban, illetve a Kolozsvári Egyetemi Könyvtárban találhatók.

Az erdélyi digitális adattár (EDA) beindulásával (2010-ben) a kutatások forrásgyűjtésében is nagy hasznát vettük a tár adta lehetőségeknek: a gyűjtemények rendszerezésében, metaadatolásában, s ugyanakkor a kutatásban együttműködő személyekkel való kommunikációs felület lehetőségeit is kihasználtuk [1].

Az EDA-ban külön gyűjteményben, a **TUDÓSTÁR**-ban (**1. ábra**) találhatók a nagyjaink. Ide kerültek be az EME jelenlegi kézirattárának már előzőleg feldolgozott jegyzékei. Jelenleg a Debreczeni Márton-hagyaték digitalizált gyűjteményének feltöltése is folyamatban van.

1. ábra. *Az Erdélyi digitális adattár tudóstára: http://eda.eme.ro/handle/10598/9512*

A magyar műszaki szaknyelv kialakítása, művelése, fejlesztése több műszakis egyéniséget foglalkoztatott a XIX. század-

ban, köztük Debreczeni Mártont is. Ezen törekvésekről kívánunk röviden beszámolni a kutatás során összegyűjtött dokumentumok és a feldolgozott hagyatékok forrásdokumentumaira alapozva.

2. A magyar műszaki szaknyelv kialakulásnak úttörői

Debreczeni Márton kiemelkedő szerepe a műszaki szótár szerkesztésében, a korszerű magyar szaknyelv kimunkálásában vitathatatlan, bár nem sokan ismerték tevékenységét. A XIX. században többen voltak meghatározó szereplői a műszaki szaknyelv megteremtésének. Rövid felsorolásban, az alábbi néhány példában az őket jellemző idézetekkel elevenítjük meg ezt:

1. *„A szaknyelv megteremtésének vezéralakja* ***Kerpely Antal*** *volt 1877-ben megjelent Vaskohászattan című szakkönyvével. Habár ő csak egyike volt azoknak, akik ezt a munkát elvégezték, mégis őt tekintjük a magyar műszaki nyelv megteremtőjének.”* [2].
2. *„A műszaki szaknyelv megalkotásában óriási szerepet vállalt a professzorok közül* ***Péch Antal*** *és* ***Farbaky István*** *is.”* [2].
3. *„1881-ben megjelent a Bányászati és Kohászati Lapok első száma.* ***Farbaky*** *egyébként 1892-ig volt a folyóirat szerkesztője, s nagyban hozzájárult a magyar bányászati szaknyelv kialakításához.”* [3].
4. **Liszkay Gusztáv**nak *„magyar bányanyelvünk megteremtésében és kialakításában Péch Antal mellett igen nagy érdeme volt”*. [4]
5. **Jedlik Ányos**ról a következőket írja Simonyi. *„Nagy szerepet játszott a magyar műszaki nyelv kialakításában. Ő írta az első magyar nyelvű fizika tankönyvet (Természettan elemei. Első könyv. Súlyos testek természettana (1850). Hőtan (1851). Fénytan (1851)…”* [5]
6. *„A német származású* ***Herrmann Emil*** *1869-ől az akadémián elsők között adott elő magyar nyelven. […] a magyar nyelvű műszaki mechanikai irodalom úttörője lett.”* [6].

„… a bányagéptan tudós professzora, a bányászat terén a magyar műszaki nyelv egyik megteremtője”. [7].

7. *„A tudatos kémiai magyar szaknyelv megteremtésére irányuló első jelentős lépést* ***Nyulas Ferenc*** *… tette meg.*” [8].
8. **Illés Nándor** *„a magyar erdészeti szakirodalom úttörője. […] Szécsi Zsigmonddal, Wagner Károllyal, Lázár Jakabbal és Fekete Lajossal együtt jelentős szerepet vállalt a selmeci akadémia »magyarításában«.”* [3].
9. *„A selmeci akadémia jeles tanárainak sorában két* ***Litschauer Lajos*****t** *is találunk. Az idősebb a bányaművelés kitűnő oktatója volt, aki »a bányászati műnyelv kialakításában is érdemeket szerzett«.* (Kenyeres Á., 1969. 82. l.)*”* [3].

Ahhoz, hogy Debreczeni helyét, szerepét kijelöljük a magyar szaknyelv úttörői között, visszatekintünk az előzményekre, megemlítvén a magyar műszaki szaknyelv kialakulásának fontosabb képviselőit s törekvéseit.

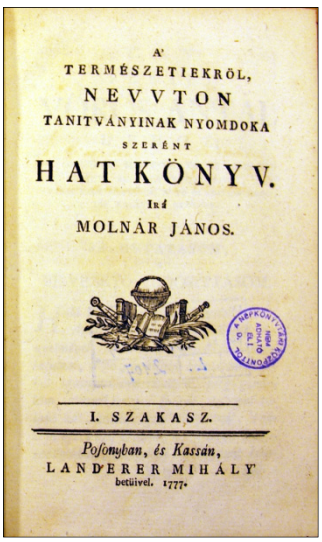
2.1. A magyar műszaki (bányászati és kohászati) szakirodalom megjelenése

A magyar műszaki nyelv kialakulása hosszabb folyamat része (több fontos mérföldkővel), ahogyan a továbbfejlesztése is az lesz. Szaknyelvünk a köznyelvből alakult ki, s műszavakkal, idegen szavakkal gyarapodott. A magyar szaknyelv kialakulásának mérföldköveit jelentették a különböző szakterületekhez kapcsolódó írások, mint például 1570-ben **Váradi Lencsés György** *Ars medica* című írása az orvostudomány területéről, 1578-ban a botanika területéről **Melius Péter** *Herbarium*a, illetve 1595-ben **Beythe András** *Fives könüv* című munkája. 1577-ben a legrégebbi magyar matematikai munka, *A debreceni Aritmetika*

(*Arithmetica, azaz a szamvetesnek tudomanya*) jelent meg, ismeretlen szerzőtől [9]. Az első jogi szakkönyv 1565-ben látott napvilágot, Werbőczi István *Tripartitum*ának magyar fordítása *Magyar decretum* címmel [10].

Molnár János volt az első magyar nyelven írott népszerűsítő jellegű fizikakönyv szerzője, mely 1777-ben jelent meg Pozsonyban és Kassán. Címe: *A' természetiekről, Nevvton tanitványinak nyomdoka szerént hat könyv* (**2. ábra**).

Molnár kötetével a diákoknak lehetőséget kínált, hogy *„az iskolákból kikelő nevendék bölcsek szülőjök s barátjok örömére valamit magyarázva tehessenek elé*


A'
TERMÉSZETIEKRÖL,
NEVVTON
TANITVÁNYINAK NYOMDOKA
SZERÉNT
HAT KÖNYV.
Irá
MOLNÁR JÁNOS.

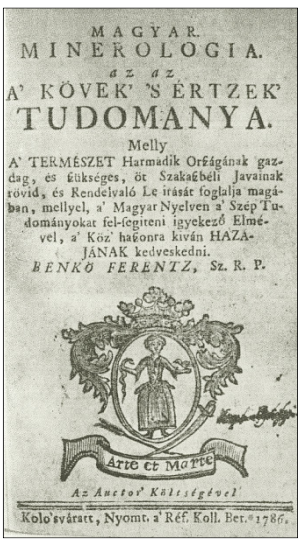
I. SZAKASZ.

Posonyban, és Kassán,
LANDERER MIHÁLY
betüivel. 1777.

2. ábra. *Molnár János: A' természetiekrol, Nevvton tanitványinak nyomdoka szerént hat könyv című kötetének címlapja (Forrás: http://www.mtafki.hu/kiallitas/oldbooks/evszamszerint.htm)*

abból a sok elme-kincsből, melyet a reájok tett sok szép költség után eszekbe öszveszedtek" [11]. A nagyenyedi református kollégium tanára, **Benkő Ferenc** 1786-ban jelenteti meg saját költségén, Kolozsváron az első magyar nyelven írott ásványtani munkát, *a Magyar Minerológia az az a' kövek 's értzek tudománya* című könyvét [12] (**3. ábra**). Itt szükséges kiemelni Benkő Ferenc tanári szerepének jelentőségét, hiszen a természettudományokat *„írásban és szóban elsőként közvetítette és művelte magyar nyelven*" [13].

Ugyancsak említésre méltó Benkő Ferenc azon törekvése, hogy magyar nyelven jelentessen meg szakirodalmat, hiszen 1782-ben lefordította Abraham Werner (1750–1817) *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien* (Leipzig, 1774) című ásványtani könyvét, melyet 1784-ben adott ki *Werner Ábrahám Úrnak a köveknek és értzeknek külső megesmértető jegyeikről írott szép, és igen hasznos könyvetskéje* címmel Kolozsváron.


MAGYAR.
MINEROLOGIA.
az az
A' KÖVEK' 'S ÉRTZEK'
TUDOMANYA.
Melly
A' TERMÉSZET Harmadik Országának gazdag, és szükséges, öt Szakaczbéli Javainak rövid, és Rendelvaló Le irását foglalja magában, mellyel, a' Magyar Nyelven a' Szép Tudományokat fel-segiteni igyekező Elmével, a' Köz' haszonra kiván HAZAJÁNAK kedveskedni.
BENKŐ FERENTZ, Sz. R. P.

Arte et Marte

Az Auctor' Költségével

Kolo'svárott, Nyomt. a' Réf. Koll. Ber. 1786.

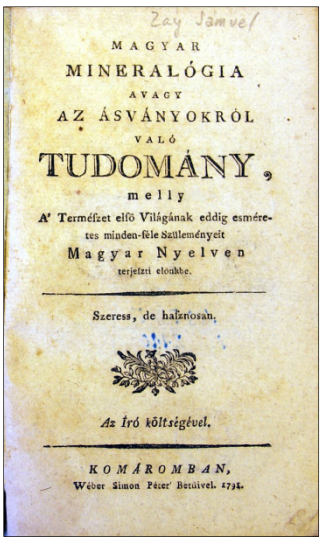
3. ábra. *Benkő Ferenc Magyar Minerológia az az a' kövek 's értzek tudománya című könyvének címlapja (Forrás:http://mek.oszk.hu/08500/08552/index.phtml)*

A fordításban úttörőként kellett megteremtenie a magyar ásványtani műnyelvet. *„Ő vezette be pl. az irodalomba a bányavirág, vasvirág, kígyókő, porcellánföld ma is használt neveit, de gyártott ma már nem*

használatos neveket is, pl. kövérkő (talk), meszeskeményagyag (márga), mészkovats (kalcit), fattyúérc (szfalerit), a hasadás-t hasadozásnak, az amorf-ot formátlannak, a borax-ot olvasztósónak, az arany színét eleven sárgának mondja, stb." [11]

Zay Sámuel 1791-ben Komáromban teszi közzé magyar nyelven immár a harmadik ásványtani könyvet (**4. ábra**), címe: *Magyar mineralógia avagy Az ásványokról való tudomány, melly a természet elso világának eddig esméretes minden-féle szüleményeit magyar nyelven terjeszti előnkbe*.

Az ásványtani rész kétszázötven ásványfajt tárgyal, vázolva kémiai tulajdonságaikat és egyesek lelőhelyeit is.


Zay Sámuel

MAGYAR
MINERALÓGIA
AVAGY
AZ ÁSVÁNYOKRÓL
VALÓ
TUDOMÁNY,
melly
A' Terméſzet elſö Világának eddig esméretes minden-féle Szüleményeit
Magyar Nyelven
terjeſzti elonkbe.

Szeress, de hazafiosan.

Az Író költségével.

KOMÁROMBAN,
Wéber Simon Péter' Betüivel. 1791.

4. ábra *Zay Sámuel művének címlapja (Forrás: http://www.mtafki.hu/kiallitas/nagyok/zay1.jpg)*

A kötet utolsó hat oldalán egy paleontológiai fejezet is olvasható, címe: *Tóldalék a' kővé-válttakról*. Zay, akárcsak elődje, kiadványában törekedett a magyar ásványtani szaknyelv megteremtésére. Zay Sámuel, akárcsak Benkő Ferenc, saját költségén jelentette meg könyvét, melynek bevezetőjében megjegyzi, hogy mind a magyar nyelvű ásványtan, mind a bányászat iránt nagyon gyatra az érdeklődés, mivelhogy száz hazai bányász közül alig öt magyar, a többi idegen.

1794-ben jelent meg az első magyar technológiai munka, **Mitterpacher Lajos**: *Technologia Oeconomica* című tankönyve, majd 1800-ban szintén ő a szerzője a *Prae lectiones technologicae* című könyvnek, melyben a vegyipar gyártmányaira is utal [12]. Az első magyar nyelvű bányászati szakkönyvet *Az erdélyi bányászat ismertetése* címmel **Szentkirályi Zsigmond** adta ki 1841-ben Kolozsvárt, ezt követte a bányászat-kohászat tudományos igényeket is kielégítő szakkönyve a *Bányatan, kiváló tekintettel a kőszénbányászatra* címmel, mely 1865-ben jelent meg Pesten **Zsigmondy Vilmos** bánya-kohó mérnök tollából. Azonban a több kötetre tervezett műnek csupán az első kötete jelent meg. Ezt követte **Péch Antal** 1869-ben megjelent *Ércelőkészítéstan* című kötete [14].

Kerpely Antal 1873–74-ben kétkötetes *A vaskohászat gyakorlati és elméleti kézikönyve* című könyvével gyarapította a magyar műszaki szakirodalmat, amely a selmecbányai akadémia kiadásában jelent meg, majd 1877-ben a *Magyarország vaskövei* című munkája is megjelent [15].

A magyar nyelvű szakoktatással párhuzamosan sorra jelentek meg a magyar nyelvű szakkönyvek, tankönyvek is. Az 1878-as évtől kezdve a következő szerzők műveivel gyarapodott a műszaki szakirodalom: **Liszkay Gusztáv, Litschauer Lajos, Réz Géza, Cséti Ottó, Finkey József, Szentistványi Gyula, Sóltz Vilmos, Barlai Béla, Faller Károly, Böckh Hugó, Herrmann Emil, Woditska (Csermely) István, Dérer Mihály, Gschwandtner (György) Gusztáv, Kövesi Antal, Boleman Géza** stb. A kötetek lajstroma, megjelenési helyük és idejük:

– Liszkay Gusztáv: *Bányatan, Selmecbánya*, 1878.

- Dérer Mihály: *Kémlészettan*. Selmecbánya, 1879.
- Herrmann Emil: *Technikai mechanika*. Bp. 1885.
- Litschauer Lajos: *A magyar bányászati viszonyokat teljesen felölelő magyar bányamíveléstan*. 1–3. köt. Selmecbánya, 1890.
- Woditska (Csermely) István: *Elektrotechnika, különös tekintettel az elektromosságnak a bánya- és kohóiparban való alkalmazására*. Nagybánya, 1891.
- Cséti Ottó: *Bányaméréstan és felső földméréstan.* Selmecbánya, 1894.
- Herrmann Emil: *Szilárdságtan, tekintettel a gépészet igényire*. Budapest. 1894.
- Gschwandtner (György) Gusztáv: *Menynyileges elemző vegytan*. Selmecbánya, 1894, bővített kiadás 1907.
- Faller Károly: *A fémkohászattan kézikönyve.* 1–4. köt. Selmecbánya, 1896–1904.
- Sóltz Vilmos: *A tégelyacélgyártás és a tégelyacél.* Selmecbánya, 1897.
- Böckh Hugó: *Geológia.* 1–2. köt. Selmecbánya, 1903, 1909.
- Cséti Ottó: *Bányatelepek tervezése*. Selrnecbánya, 1904.
- Barlai Béla: *A vaskohászat kézikönyve.* 1–2. köt. Selmecbánya, 1909–12.
- Réz Géza: *Bányaművelés*tan. 1. köt. Selmecbánya, 1910.
- Szentistványi Gyula: *Gyakorlati bányaméréstan.* Selmecbánya, 1911.
- Finkey József: *Bányatelepek tervezése*. Selmecbánya, 1918.
- Kövesi Antal: *Grafosztatika és vasszerkezetek.* Selmecbánya, 1910.
- Boleman Géza: *Elektrotechnika*. Selmecbánya, 1917.

Nem lenne teljes a kép, ha nem említenénk a szakfolyóiratok megjelenését, hiszen a kutatóknak tudományos eredményeik közlésére a szakfolyóiratok szolgálnak. Természetesen megvoltak a neves külföldi szakfolyóiratok, melyek szívesen fogadtak be cikkeket, azonban mindig megvolt az a törekvés, hogy az eredményeket itthon is kell közölni, terjeszteni magyar nyelven.

Az első hazai szakfolyóirat elindítása **Jónás József** nevéhez fűződik, melyet Pesten 1820-ban adott ki német nyelven *Physico-Technographischen Magazin über die anorganische Natur des Österreiches Kaiserstaates* címmel. Az első évfolyamában Jónás topográfiai munkája jelent meg. Erdélyben 1844-ben megjelenik **Szentkirályi Zsigmond** szerkesztésében az *Erdélyi Bányász Kalendárium* (Almanach, 1–3. évf., Kolozsvár–Nagyszeben, 1844–1846) (**5. ábra**).

A 19. század második felében sorra jelentek meg magyar nyelvű szakfolyóiratok, a Magyar Tudományos Akadémia jóvoltából: 1861-ben a *Mathematikai és Természettudományi Közlemények, vonatkozólag a hazai viszonyokra* címmel, 1867-ben az *Értekezések a természettudományok köréből* című sorozat, 1882-ben a *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* című folyóirat [11].

A Földtani Társulat adta ki *A Földtani Társulat Munkálatai* című sorozatot (öt kötetben), ezt követően 1872-ben évi rendszerességgel jelent meg a *Földtani Közlöny* című folyóirat. Említésre méltó sorozat a Földtani Intézet Évkönyve is, mely 1871-ben indult el.

A Magyar Nemzeti Múzeum 1877-ben önálló folyóiratot hozott létre természettudományi osztályainak *Természetrajzi Füzetek* címmel.

A Kolozsvári Tudományegyetem 1879-ben alapítja meg az *Orvos-Természettudományi Értesítő* című folyóiratot, mely később, 1906-ban a *Múzeumi Füzetek* cím alatt jelenik meg.

A Természettudományi Társulatnak 1841-ben *Évkönyve*i, 1860-ban Közlönye indult el, 1869-től a *Természettudományi Közlöny* című folyóirat lépett a helyükbe. A társulat Kémia-Ásványtani Szakosztályának 1895-ben megjelentetett periodikája a *Magyar Kémiai Folyóirat*.

ERDÉLYI
BÁNYÁSZ KALENDÁRIOM
1844re.
Szerkeszti 's kiadja
KOMJÁTSZEGI
SZENTKIRÁLYI ZSIGMOND
ELSŐ ÉV.
KOLO'SVÁRTT.
a' Kir. Lyceum' betűivel.

5. ábra *A Szentkirályi Zsigmond által szerkesztett Erdélyi Bányász Kalendárium címlapja (Forrás: http://eda.eme.ro/handle/10598/28348)*

A Bányászati és Kohászati Egyesület 1867-ben jelenteti meg folyóiratát *Bányászati és Kohászati Lapok* címmel [11].

A bányászati-kohászati oktatás nyelve a selmeci akadémián a német volt, a magyar szakirodalom nem fejlődhetett, sem a szakkönyvek, sem a folyóiratok területén. Rendkívül gazdag német szakirodalom állt a hallgatók rendelkezésére, s amikor 1871-ben az oktatás kizárólagos nyelve a magyar lett, szembesülniük kellett a nagy űrrel, a magyar nyelvű szakirodalom nagymérvű hézagosságával. A bányászati és kohászati szakirodalom hiányára a minisztérium is felfigyelt, s ezt a helyzetet próbálta 1890-ben rendeletével orvosolni: „*Szükségesnek tartom végül az akadémia igazgatóságának figyelmét a magyar nyelvű bányászati és kohászati szakmunkák körüli hiányra felhívni, miután a hazai bányászati és kohászati iparunk viszonyainak megfelelő ily szakművektől függ nem csekély mértékben az akadémiai szakoktatás sikere is. Valószínű, hogy a hazai bányászok és kohászok magyar szakmunkák írására azért nem vállalkoznak, mert kisszámú vevőközönségre számítván, kiadót nem kapnak és a művek kiadásával járó költségeket fedezni nem képesek. Ezen lehetőleg segíteni óhajtván és nevezetesen azon célból, hogy a hazai bányászok és kohászok magyar nyelvű szakművek írására serkentessenek, s hogy a magyar bányászati és kohászati irodalom ezen iparágak fejlődésével lépést tartson, hajlandó vagyok megengedni, hogy az akadémia költségvetésében a tudományos könyvek és szaklapok, továbbá nagyobb és kimerítő szakművek kiadásának támogatására évenként még 1000 frt. vétessék fel.*” [16].

Tehát a szándék, elkötelezettség, törekvés, segítőeszközök a cél elérése érdekében mindvégig megvoltak, léteztek a jeles szakemberek s az időközben megalakult társulatok, melyek a közös ügyet szívükön viselték, a szaktárcáknak is megvolt a hajlandóságuk segíteni, anyagilag támogatni az ügyet. Ennek ellenére elég lassú folyamat volt, melyet a műszaki fejlődés s a vele járó újabb szakirodalom hiánya hátráltatott.

Időközben sorra jelennek meg a magyar lexikonok, (szak-, mű-) szótárak.

Az első három jelentős bányász-kohász szakszótár, mely nyomtatásban megjelent: **Pettkó János** *Bányászati Szófűzér* (1845); **Szabó József** *Bányaműszótár* (1848); **Pech Antal** *Bányászati szótár* (1879).

3. Debreczeni Márton hozzájárulása a magyar műszaki nyelv kialakulásához

Szépirodalmi munkái mellett **Debreczeni Márton**nak szép számban maradtak fenn műszaki vonatkozású szakmunkái is. Mindezek digitalizálása során értékes információkra lelhettünk, a feldolgozás s a kutatás során ezekről és életútjáról eladásokban, publikációkban számolhattunk be [17, 18].

6. ábra *Debreczeni Márton arcképe. (Forrás: Debreczeni Márton: A kióvi csata. Pest, 1854, litográfia a címlap előtti oldalon.)*

3.1. Röviden Debreczeni Mártonról

A kalotaszegi Magyargyerőmonostoron, nevezetes fazekascsalád sarjaként 1802-ben született Debreczeni Márton, a reformkori Erdély ipartörténetének kimagasló személyisége: mérnök, feltaláló, iparszervező, szakíró és szótárszerkesztő, aki szerteágazó tevékenységével az erdélyi bányászat korszerűsítése és a fémkohászat fejlesztése terén egyaránt maradandót alkotott, de kora divatjának engedve gazdag irodalmi örökséget is hagyott maga után. Érdekes, hogy míg szépirodalmi tevékenysége viszonylag ismertebb, műszaki hagyatékának teljes körű feldolgozásával adós maradt az utókor. Ebből az adósságból kívánunk apránként törleszteni, jelen tanulmány által is.

Debreczeni Márton műszaki újításai közül mindenekelőtt az akkori vaskohászatba bevezetett legkorszerűbb levegőfúvója, a Debreczeni-csigafúvó [17] volt a legismertebb, talán legjelentősebb alkotása, amely nemcsak itthon, hanem külföldön is elismerést szerzett számára. Egyszersmind megannyi szakközlemény szerzőjeként, fontos bányászati szakszótárak szerkesztőjeként úttörő szerepet játszott a magyar műszaki nyelv megteremtésében és további fejlődésében.

3.2. Debreczeni Márton kéziratban maradt szakmunkái

Jelentősebb, kéziratban maradt munkái a következők: *A bányászat*; *A közönséges kohótan alapvonásai*; *Soda-Fabrication*; *Német–magyar bányászati műszótár* (4 kötet); *Német–magyar sóbányászati műszótár*; Debreczeni Márton *bányászati naplójegyzetei 1848-ból*; *Metallurgische Pneumatik*; Debreczeni Márton *tanulmányai a fűtés hőtanáról I–II*; *A bányásztudomány rövid rendszere (töredék)*.

A kéziratok magyar és német nyelvűek, hűen tükrözik Debreczeni Márton kétnyelvűségét, a szaknyelv gyakorlati művelésének formáját (nyelvét), mely a selmecbányai német oktatás révén vált számára meghatározóvá.

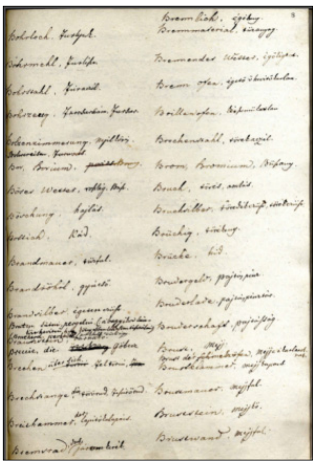
Debreczeni Márton műszaki közleményeinek java része közöletlen, kéziratban maradt [18]. Tartalmuk összetettsége miatt ezek részletes feldolgozására és közlésére jelen tanulmányban nem vállalkoztunk.

3.3. Debreczeni Márton szótárszerkesztési tevékenysége

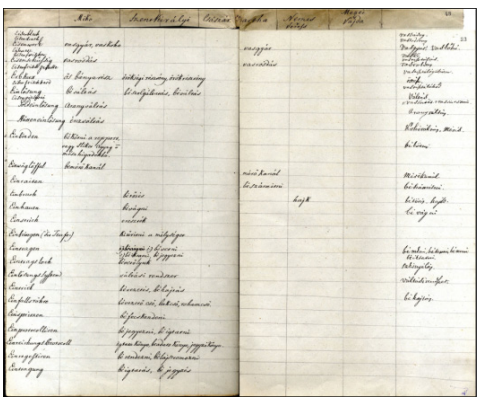
Debreczeni Márton szótárszerkesztési munkásságáról csupán a feltárt hagyatékának feldolgozása által az ott található, kéziratban maradt szótárak tanulmányozása adhatott hiteles képet. Kézirathagyatékában három szótár található, melyeket Benkő Samu 1991-ben *Debreczeni Márton szótárszerkesztményei* című tanulmányában szakszerűen bemutatott [19]. Debreczeni Márton hagyatékának digitalizálása során ezeket a szótárakat is feldolgoztuk, s további adatokkal kívánunk hozzájárulni Debreczeni szótárszerkesztési tevékenységének bemutatásához.

Debreczeni szótárai: ***Német–magyar bányászati műszótár*** (terjedelme 54 számozott levél, összesen 2926 címszót tartalmaz)

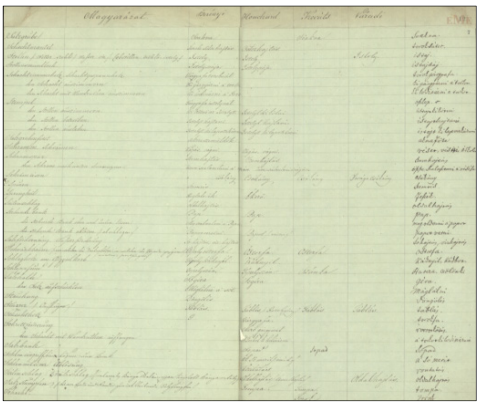
(**7. ábra**); ***Bányászati műszótár*** (négy összekötött füzetből áll s összesen 2373 címszót tartalmaz) (**8. ábra**); ***Sóbányászati német–magyar műszótár*** (terjedelme 12 géppel számozott levél, összesen 204 címszót tartalmaz) (**9. ábra**).



7. ábra *Debreczeni Márton Német–magyar bányászati műszótár kéziratának nyolcadik oldala. (Kolozsvári Egyetemi Könyvtár Kézirattára, jelzete: Ms. 2176.)*



8. ábra *Debreczeni Márton Bányászati műszótár kéziratának harmincharmadik oldala. (Kolozsvári Egyetemi Könyvtár Kézirattára, jelzete: Ms. 3174.)*



9. ábra *Debreczeni Márton Sóbányászati műszótár kéziratának hetedik oldala. (Kolozsvári Egyetemi Könyvtár Kézirattára, jelzete: Ms. 2175.)*

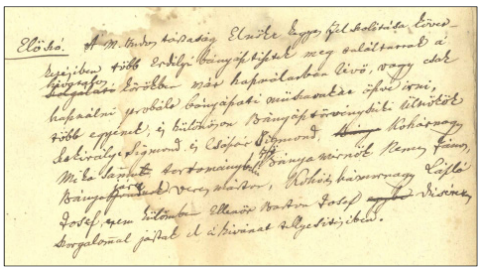
Debreczeni szótáraiban a bányászat és kohászat területén használatos (cím-) szavakat találhatjuk meg, melyek felölelik a bányakitermelés, az anyagmozgatás, a bányaigazgatás és a bányatörvénykezés szókincsét is; ugyanakkor megtalálhatók benne a rokonszakmák, az ásványtan, a geológia és a kémia szakszavai is.

Debreczeni Márton szótárai a mai napig kéziratban maradtak. A kéziratokon nem található információ a keletkezés időszakáról, valamint a véglegesítés időpontjáról. Arról sincs dokumentum, hogy milyen felkérés alapján készültek. Azt vélhetjük, hogy az egyiket (a *Bányászati műszótár*t?) kész műnek tekintette, hiszen Debreczeni készült címet és előszót írni hozzá. Erről egy feljegyzés tanúskodik (**10. ábra**). A feljegyzés nem a szótárai között, hanem egészen másutt, egy német nyelvű kéziratban található, valószínűleg hibásan sorolták oda s kötötték be [19].

Az előszótöredékből viszont kiderül, hogy Debreczeni a Magyar Tudós Társaság elnökének felszólítására az erdélyi bányatisztekkel fogott össze e vállalkozás megvalósítására. Ezt a tényt Debreczeni-Droppán Béla is megerősíti írásában, mely szerint:

„A Magyar Tudós Társaság elnöke, gróf Teleki József, 1841. július 2-án írt levelében fölkérte gróf Nádasdy Ferenc kincstári elnököt, hogy a bányászati műnyelv magyarosításában támogassa a társaságot. Nádasdy ezt követően az Erdélyben használatos szakszavak és kifejezések összegyűjtését kérve levelet intézett e tárgyban jártas bányatisztekhez. Debreczeni is munkához látott: szakszavakat gyűjtött és alkotott. Nádasdy végül a kincstárhoz beérkező szógyűjtemények megvizsgálásával és összeszerkesztésével őt bízta meg." [20].

Debreczeni az előszótöredékben nevesíti Szentkirályi Zsigmondot és Császár Zsigmondot mint bányásztörvényszéki



10. ábra *Debreczeni Márton előszótöredéke (Kolozsvári Egyetemi Könyvtár Kézirattára, jelzete: Ms. 712. Debreczeni Márton naplójegyzetei. 18.)*

ülnököket, Mikó Samu kohónagyot, Nemes János tartománybeli főbányamérnököt, Veres Márton bányajárót, László József kohó- és hámornagyot, Barton József ellenőrt. Ebből arra lehet következtetni, hogy az elküldésre szánt szótár csakis az lehetett, melynek ezek a személyek társszerzői voltak, tehát a 2373 címszót tartalmazó *Bányászati műszótár* kéziratának másolatát küldhette el, valószínűleg ezzel a címmel (mely szintén a vázlatlapon található): *Erdélyi Bányászati műszótárak Gyűjteménye*. Az biztos, hogy a szótárakat Debreczeni Márton is szívügyének tekintette, sőt jó szervezői készsége ebben is megmutatkozott, hiszen csapatmunkával, szakmai együttműködéssel próbálta ezt a feladatot megoldani. Láthattuk, miként dolgozott együtt a szerzőtársakkal, még akkor is, ha ők nem minden szóhoz tudtak megfelelő változatot ajánlani.

Debreczeni munkatársait is érdemes megemlíteni, hiszen az ő érdemük is a szótárak létrejötte: **Szentkirályi Zsigmond** bányamérnök, a zalatnai bányatörvényszék ülnöke, **Mikó Samu** a zalatnai Bányakohászat és uradalmi igazgatóság aligazgatója, **Császár Zsigmond** tanácsos és bíró az Erdélyi Királyi Bányabíróságnál, **Bartha Gyula** ugyanott ülnök, **Nemes János** tartományi mérnök a kerületi bányászati hivatalnál, **Veress Márton** bányaigazgató Offenbányán, **Mezei János** titkár az Erdélyi Királyi Kincstárnál, **Vajda Mihály** tanító Zalatnán. A *Sóbányászati német–magyar műszótár* munkatársai sóhivatali vezető tisztviselők: **Berényi Manó** a désaknai, **Houchard József** a kolozsi, **Kováts János** a marosújvári sóaknai hivatal kamaraispánja, **Váradi József** ellenőr a marosujvári sóaknai hivatalban, valamint a Debreczeni előszótöredékében említett **László József** kohó- és hámornagy és **Barton József** ellenőr [19]. Azt a tényt, hogy Debreczeni Márton 1842-ben egyik szótárának kéziratát (másolatát?) eljuttatta a Magyar Tudós Társasághoz, Székely Lajos is megerősíti, tanulmányában hivatkozik Teleki József levelére, melyet a Társasághoz intézett: „*1842-ben érkezett a Magyar Tudós Társasághoz a gr. Nádasdy Ferenc, erdélyi kincstári alelnök által beküldött 13 db szógyűjtemény, köztük Szentkirályi Szógyűjteménye is, valamint Debreceni Márton, kincstári tanácsos ezekből készített és rendezett szótára.*" [21].

Tehát a Debreczeni-féle szótár kéziratai már 1842-ben készen voltak, így a joggal feltételezhető, hogy a később megjelent szótárak forrásanyagként felhasználták: Pettkó János *Bányászati Szófűzér* (1845); Szabó József *Bányaműszótár* (1848); Pech Antal *Bányászati szótár* (1879).

A szótárak összevetése által ez a feltételezés bizonyítható, annak ellenére, hogy a kiadott szótárak előszavában a forrásmunkát nem említették meg.

Debreczeni szótárszerkesztési tevékenysége azonban nem volt hiábavaló (mégha mindezek kéziratban maradtak is), hiszen munkájának nyoma fellelhető a később megjelent nyomtatott szótárakban, és sok általa lefordított szó, kifejezés honosodott meg. Munkásságát, értékét a szótárszerkesztői tevékenység terén is érdemes a többiek sorából kiemelni, hagyatékában maradt kéziratait kiadni. „*A bányászati szaknyelv magyarítása zömmel az 1832–1879. évek között zajlott le. A nyelv azonban él, régi fogalmak eltűnnek, egyes szavak elavulnak. A technika fejlődése új eljárásokat szül, új kifejezésekre, szavakra van szükség.*” [21]

A tudomány-, és technikatörténet kutatóinak ezek a szótárak fontos forrást jelentenek, s azok számára is elengedhetetlen tanulmányozásuk, akik behatóbban szeretnék megismerni a 19. század szakszótáríróinak tevékenységével.

5. Következtetések

Debrezeni Márton – kora szellemét meghaladva – zseniális (műszaki) alkotásokra, megoldásokra volt képes, amelyeket a gyakorlati ismeretek, az alapos mérnöki tudás s a jól behatárolt célok tettek lehetővé. Különös ereje, tehetsége, szorgalma, hite erre alkalmassá tette. Vezetői egyénisége révén sikerült jól összefognia s irányítania mindazokat a tevékenységeket, amelyek élére került. Fellendítette a 19. század bányászatát-kohászatát, iparát, helyt állt a zavaros, háborús időkben, s nagy lelkesedéssel újrakezdte, valahányszor elakadt valami, romba dőlt, elpusztult. Debreczeni Márton olyan egyéniség, aki nagy álmokkal nagyot alkotott, s nem torpant meg a nehézségek, gátak előtt. Igaz műszaki egyéniség, példakép.

A továbbiakban igyekszünk hasonló műszaki egyéniségek életútját és munkásságát feleleveníteni, hagyatékait feldolgozni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EME *Műszaki nagyjaink* c. projekt keretében valósult meg, a Műszaki Tudományok szakosztályának támogatásával.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bitay Enikő: *Az Erdélyi Digitális Adattár*. In: Tudományos és Műszaki Tájékoztatás (MTM), ISSN: 0041-3917, Budapest, 60. évf. 5. sz. / 2013. 203–216 p. http://tmt.omikk.bme.hu/show_news.html?id=5784&issue_id=548, Elérve: 2016. 08. 31.

[2] Németh István (főszerk.): *Örökségünk, avagy mindaz, amit egy balekjelöltnek tudnia kell.* Második kiadás, Dunaújváros, 2001. http://www.google.ro/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&ved=0CEMQFjAFOAo&url=http%3A%2F%2Fusers.atw.hu%2Fmegepesz%2Fhagyomany%2Fbalek.doc&ei=bsNhULPZBYTntQa9_4DIDQ&usg=AFQjCNHKFIZ2xlzI2VFtUT2oom2o6laO8g, Elérve: 2016. 08. 31.

[3] Csáky Károly: *Híres selmecbányai tanárok.* Lilium Aurum, Dunaszerdahely, 2003. 61, 86, 109.

[4] Faller Jenő: *Elfelejtett nagyjaink. Liszkay Gusztáv 1843–1889 bányaiskolai vezértanár, akadémiai docens*. = Bányászati Lapok, 13. (91.) évf. 1958. 10–11. sz. 730–732.

[5] Simonyi Károly: *A magyarországi fizika kultúrtörténete (XIX. század)*. Természet Világa, 2001. I. különszám, http://www.termeszetvilaga.hu/kulonsz/k011/43.html, Elérve: 2016. 08. 31.].

[6] Zsámboki László szerk.: *A selmeci Bányászati és Erdészeti Akadémia oktatóinak rövid életrajza és szakirodalmi munkássága 1735–1918.* Egyetemi Bibliográfia I. Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, 1983. 184.

[7] *Jeles napok Neumann-ház portál*, http://jelesnapok.oszk.hu/prod/unnep/herman_emil_gusztav_szuletesnapja__1840, Elérve: 2016. 08. 31.]

[8] Szőkefalvi-Nagy Zoltán: *A magyar kémiai szaknyelv kialakulása*. In: Szabadváry Ferenc–Szőkefalvi-Nagy Zoltán: *A kémia története Magyarországon.* Akadémiai Kiadó,

Budapest, 1972. http://chemonet.hu/hun/teazo/gyujt/nyelv.html, Elérve: 2016. 08. 31.

[9] Hárs János: *A Debreceni Aritmetika. A legrégibb magyar matematikai munka teljes szövege, magyarázata, kritikája*. Közlemények a Debreceni Tudományegyetem Matematikai szemináriumából, XIV. füzet, Sárospatak, 1938. http://mek.oszk.hu/14700/14761/14761.pdf, Elérve: 2016. 08. 31.

[10] Kurtán Zsuzsa: *Szaknyelv. 30. fejezet*. In: Kiefer Ferenc et al.: *A Magyar nyelv*. Akadémiai Kiadó Zrt., Budapest, 2006. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_536_MagyarNyelv/ch30.htmlLánczos, Elérve: 2016. 08. 31.

[11] Koch Sándor: *A magyar ásványtan története.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1952. http://mek.oszk.hu/07300/07326/html/, Elérve: 2016. 08. 31.

[12] Móra László–Próder István: *A Magyar kémia és vegyipar kronológiája.* Magyar Tudománytörténeti Intézet, Budapest–Piliscsaba, 1997. 9, 7.

[13] Csíky Gábor: *A Magyar földtan történetének első évtizedei (XVIII. század vége – XIX. század eleje)*. In: *Csíky Gábor művei. A földtudományok magyarországi klasszikusai.* Neumann Kht., Budapest, 2004. http://mek.oszk.hu/05100/05181, Elérve: 2016. 0. 31.

[14] Benke László–Zsámboki László: *Bányászat*. In: *Magyarország a XX. században*, IV. kötet, főszerk. Kollega Tarsoly István. Szekszárd, 1999. 212. http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/903.html#IV-433, Elérve: 2016. 0. 31.

[15] Zsámboki László: *A Selmeci Bányászati Akadémia szerepe az Országos Bányászati és Kohászati Egyesület megalakulásában*. A Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei, I. sorozat, Bányászat, 32 (1984) kötet, 1–4 füzet, 222.

[16] Tarján Jenő: *A vasércbányászat szaknyelvének szókincse Rudabányán*. Budapest, 1939. 23–24.

[17] Bitay Enikő – Márton László – Talpas János: *Technikatörténeti örökségek Magyargyerőmonostoron.* Tudomány- és Technikatörténeti Füzetek 2., EME, Kolozsvár, 2010, ISSN 2068 – 3103, ISBN 978-606-8178-12-7, 109–116. http://hdl.handle.net/10598/13967, 2016. 08. 31.

[18] Bitay Enikő: *Debreczeni Márton (1802–1851), az „egyetlen" erdélyi bányász műszaki hagyatéka. The „Only" Transylvanian Miner, Debreczeni Márton's (1802-1851) Technical Legacy.* Történelem és Muzeológia – Miskolci Internetes Folyóirat. History & Museology: Online Journal of Miskolc, Hungary. ISSN 2064-7530. Issue 3. szám. 2016/1. 60–74. http://www.hermuz.hu/hom/images/latogatoinknak/history-journal/pdf/3_2016_1/6-Bitay-%20Eniko.pdf, Elérve: 2016. 08. 31.

[19] Benkő Samu: *Debreczeni Márton szótárszerkesztményei*. In: Hajdu Mihály–Kiss Jenő (szerk.): *Emlékkönyv Benkő Lóránd hetvenedik születésnapjára*. Budapest, 1991. 78–90, 80–81, 82–83.

[20] Debreczeni-Droppán Béla: *Debreczeni Márton és az erdélyi bányászat*. In: Somai József (felelős szerk.): *Az erdélyi magyar gazdasági gondolkodás múltjából (XIX–XX. század)*. Romániai Magyar Közgazdász Társaság, Kolozsvár, 2001. 134.

[21] Székely Lajos: *A magyar bányászati szaknyelv kialakításának története*. Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat, 106. évf. 1973. 11. sz. 781, 785.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 51–60. old.
http://hdl.handle.net/10598/29733
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.05

FORGÓDUGATTYÚS ROBBANÓMOTOR FEJLESZTÉSE

DEVELOPING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING ROTARY PISTON

Dudás László[1], Biró Máté[2], Novák László Lajos[3]

[1]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, iitdl@uni-miskolc.hu*

[2]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, biroommate@gmail.com*

[3]*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, dariusz4424@gmail.com*

Abstract
The paper presents the development process of a new internal combustion engine construction having rotary piston. The first part analyses the evolution of the antecedents, first shows the screw compressor line, than the progressive cavity type constructions are presented. As a consequent step of the motor evolution the paper introduces the construction of a new three dimensional rotary engine that has some advantages, in the second part. The main advantage of the new internal combustion engine is its simplicity. It has three rotary parts: the chamber, the rotor and the synchronising gear. The gas mixture moves in axial direction. The compression and the expansion of the explosive mixture happens in the caves formed between chamber and rotor. The initial theoretical modelling and visualisation was performed with Surface Constructor spatial kinematical modelling software application. The construction work to design the parts of the engine was carried out with a professional CAD software tool.

Keywords: *internal combustion engine, rotor, rotary piston, design*

Összefoglalás
A cikk egy új forgódugattyús belsőégésű robbanómotor kifejlesztését mutatja be. Az első rész elemzi az ősöket, elsőként a csavarkompresszor vonalat, majd a haladó üregű konstrukciók bemutatása következik. A motorevolúció ésszerű lépéseként a cikk a második részében bemutat egy új háromdimenziós forgódugattyús motorkonstrukciót, mely rendelkezik néhány előnyös vonással. Az új belsőégésű motor fő előnye az egyszerűsége. Három forgó alkatrészt tartalmaz: a kamra, a rotor és a szinkronizáló fogaskerék. A gázkeverék tengelyirányban mozog. A komprimálás és a tágulás a kamra és a rotor között kialakuló üregekben zajlik. A kezdeti elméleti modellezés és megjelenítés a Surface Constructor kinematikai modellező szoftverrel zajlott. A motor alkatrészeinek konstrukciós tervezése egy professzionális CAD szoftvereszközzel történt.

Kulcsszavak: *belsőégésű motor, rotor, forgódugattyú, tervezés*

1. Bevezetés

Bár többen már temetik a robbanómotorokat, és az elektromos hajtás térnyerését látjuk, több olyan terület van még, ahol az energiaellátás hiánya és a súlyos és terjedelmes akkumulátorok miatt a robbanómotor még előnyben van. Ilyen pl. a műrepülés. Amíg használnak robbanómotorokat, azok fejlesztésének van létjogosultsága. Egyik nem is új irány a forgódugattyús motorok fejlesztése, mivel ezeknél elmarad az alternáló mozgást végző dugattyú az összes dinamikai hátrányával. A forgódugattyús motorok további előnyei a rezgésmentes járás, kevés alkatrész, nagy fordulatszám lehetősége stb. Az egyik legismertebb forgódugattyús motor kialakítás a *Wankel*-motor, melynek első konstrukciója csak forgómozgást alkalmazott, a későbbiekben tértek át a bolygódugattyús elrendezésre. A cikkben bemutatott motoroktól jelentősen eltér abban, hogy a konstrukciója lényegét tekintve síkbeli.

Jelen dolgozat az igazi térbeli, háromdimenziós forgódugattyús motorok kialakulását mutatja be, ehhez élő találmányi bejelentésekre, szabadalmakra utal. A forgódugattyús motorok elterjedése előnyeik ellenére még várat magára a tömítés problémái és a megszokott motoroktól eltérő gyártóberendezések, anyagok és egyéb csatlakozó szolgáltatások igénye miatt. Az alternáló mozgás ellenére még uralkodó hagyományos kialakítás a gyártásukra és karbantartásukra kiépült hatalmas iparág érdekei miatt nem szolgálja az új konstrukciók elterjedését. Remélhetőleg ez a cikk is tesz egy kis lépést a jóval egyenletesebb járású új szerkezetek elterjedése irányában. Mivel ezek a motorok még fejlődésük kezdetén tartanak, sok fejlesztési lehetőséget rejtenek a gyártómérnökök, az áramlástannal és hőtannal foglalkozó kutatók, az anyagmérnökök és további területek szakemberei számára. Különösen az új anyagok, az ipari kerámiák alkalmazása hozhat áttörést ezeknél a súrlódás nélküli rotorral és forgókamrával működő erőgépeknél.

A cikkben a szerzők egyikének találmányához vezető út bemutatása során ismertetésre kerülnek az egy- és többrotoros energiaátalakító berendezések. Az egyes kialakítások alkalmassága robbanómotor céljára, a már a geometriai kialakításukból is látható előnyeik és hátrányaik is elemzésre kerülnek a cikk elején. Majd részletesebben bemutatja a kifejlesztés alatt álló új motort, mely talán a világ legegyszerűbb kialakítású forgódugattyús robbanómotorja.

A cikk második részében az új motor gyakorlati kivitelezésére alkalmas alakjának tervezését mutatja be a dolgozat, néhány konstrukciós meggondolást és a kialakítás indoklását adva. A dolgozatot a konstrukciós munka eredményének, egy legyártható és a szerzők reménye szerint működőképes motorkialakításnak a bemutatása zárja.

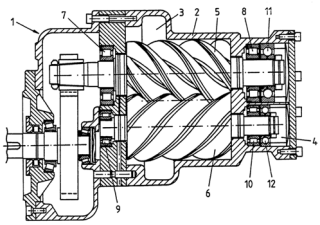
2. A forgódugattyús motorok kifejlődése

A robbanómotorok elterjedtsége a termelés igen fontos szegmensét jelentő logisztikában, a járműiparban a legnagyobb. Bár ezen a területen az elektromos meghajtás áttörésének korszakát éljük, egy kiemelkedő képességű robbanómotornak még lehetnek évtizedei az alkalmazásban, nem is beszélve a súlyra érzékeny repülésről.

2.1. Csavarkompresszor ősök

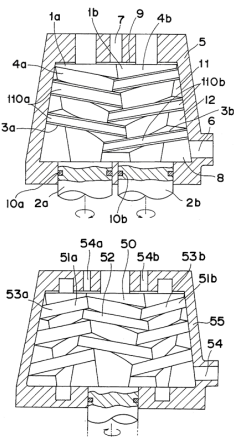
Bár nem motor, de a tömítési kérdések hasonlósága miatt első konstrukcióként a gázsűrítésre használt jól ismert kétrotoros csavarkompresszort kell említeni, melyet Henrich Krigar szabadalmaztatott Németországban 1878-ban a 4121-es számú találmánnyal [13]. Az ilyen kompresszorokban két összefonódóan kapcsolódó rotor működik, melyek az állórészben forognak. A rotorok állandó emelkedésű csavarfelületek, és a fogak profilja a csavartengely mentén

nem változik. Kompresszor nevük ellenére a gépekben a gáz nem komprimálódik, azt csak szállítják, a sűrűsödés a fogadó tartályban jön létre. Ha nagynyomású közeget vezetnénk a gépbe, akkor az motorként működne, bár gyenge hatásfokkal, mivel táguló térrész csak a beömlő résznél van, utána a mozgó zárt térfogat állandó. Az **1. ábrán** a [10] irodalom alapján mutatunk egy bevált konstrukciót.



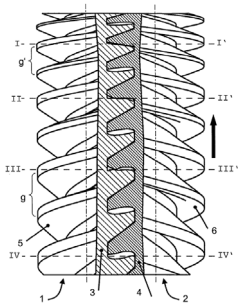
1. ábra. *Csavarkompresszor*

További variánsokat eredményez a rotor fogprofiljának, a menetek számának, a tengelyek közötti szögnek, valamint a csavarkerekek számának a változtatása [2,11,12,20,28]. Két forma a **2. ábrán** látható.



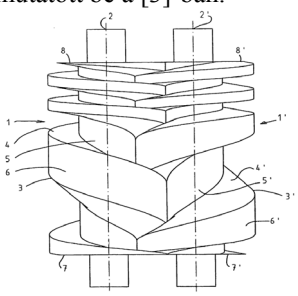
2. ábra. *Két, vagy három kúpos rotorral rendelkező közegtovábbító gépek*

Martin találmányában [14] egymáshoz folytonosan kapcsolódó eltérő osztású több csavarfelületű szakaszt tartalmazó csavarkompresszor konstrukciót láthatunk, mely belső sűrítésre képes (lásd **3. ábra)**.



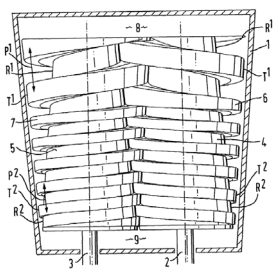
3. ábra. *Eltérő osztásokkal rendelkező rotorok, Martin és Sachse javaslata*

Becher a **4. ábrán** látható eltérő és folyamatosan változó osztással rendelkező rotorpárt mutatott be a [3]-ban.



4. ábra. *Folyamatosan változó emelkedésű csavarfelületű rotorok Becher javaslatában*

North az elképzelést a fogmagasságra is kiterjesztette, amint az **5. ábrán** látható [19].

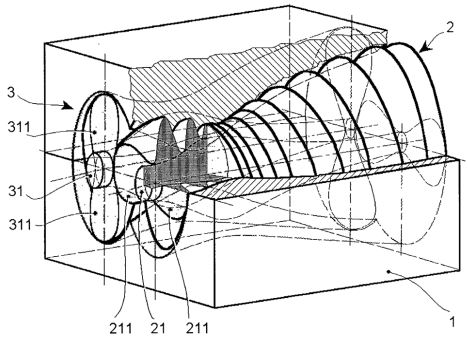


5. ábra. *Rotorok változó osztással és fogmagassággal*

Annak ellenére, hogy az említett csavargépek legtöbbje használható motorként

külső nyomásforrással vagy külső robbanótérrel, ezek nem belsőégésű motorok.

Belsőégésű motorként alkalmazható kialakítást mutatott be Perna a találmányában [21], mely két, változó emelkedésű és átmérőjű külső menettel rendelkező rotort tartalmaz, amint a **6. ábra** mutatja.



6. ábra. *Perna belsőégésű motor találmánya*

Mivel a szállítóüregek mérete ennél a konstrukciónál előbb szűkül, majd tágul, ez a gép használható belsőégésű motorként. A feltaláló hangsúlyozta ezt és elhatárolta a találmányát a korábbi motortalálmányoktól, kiemelve a különbségeket és előnyöket. Mivel a legtöbb elhatárolás a cikkbeli motort megalapozó találmánnyal kapcsolatban is érvényes, Perna állításait ide emeltük: „Elvben mint sikerteleneket az ismert leírt csavarfelületű belsőégésű robbanómotorokat említhetjük. Az elrendezése az ilyen motoroknak eddig a kettő vagy több kapcsolt független berendezésekre, mint egy kompresszor és egy expanziós gép, korlátozódott. A hátránya ezeknek a megoldásoknak elsősorban a berendezés független részeiben megtestesülő munkatér alakjának és elrendezésének a beszíváshoz, sűrítéshez, kitáguláshoz és kipufogáshoz, egy belsőégésű motor különösen fontos folyamataihoz való korlátozott adaptációs képességét rejti magában. Az összes ismert berendezés nagyméretű. A tengellyel és henger alakú házzal rendelkezők elsősorban hosszú alakkal bírnak, a kúpos tengellyel és házzal rendelkezők pedig nagy átmérőjűek. Ezek a tulajdonságok még a rotor dinamikus kiegyensúlyozására is hátrányos hatásúak.” Perna rotorkonstrukcióját két North-féle csavarrotorként képzelhetjük el.

A közös tulajdonsága az említett konstrukcióknak, hogy mindegyikük kettő, vagy több egymásba kapcsolódó csavarorsót alkalmaz melyek külső működőfelülettel bírnak, és az álló ház belső felülete szintén érintkezik a mozgásban lévő folyadékkal vagy gázzal. Amint a csavargépek fejlődésének előbbi áttekintéséből látható volt, sok kis módosítás vagy hozzáadás vezetett végül a csavarkompresszor alapú belsőégésű robbanómotorhoz.

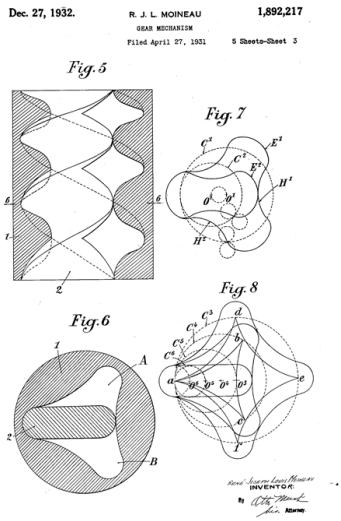
2.2. A haladó üregű pumpa vonal fejlődése

A fő geometriai felismerést, amely egy sokkal kompaktabb pumpakonstrukciót eredményezett, csavarfelületű rotorral és olyan házzal, mely eggyel több vagy kevesebb fogú belső konjugált felülettel bír, az 1930-as években dokumentálták [16,17,24]. Ezek a konstrukciók egy előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: a konjugált felületek maguk zárnak közre üregeket, melyek axiális irányba mozognak, amikor a rotor és a forgó kamra egy megadott áttétellel forognak. Ezeknek a mozgó üregeknek köszönhetően ezek a gépek használhatók folyadék vagy gázközeg szállítására, és működhetnek pumpaként, kompresszorként, folyadék- vagy gáznyomás hatására üzemelő motorként, hasonlóan a két vagy több rotorral bíró csavargépekhez. Moineau gépében [17] a külső ház volt rögzített, és a rotor végezte a két egyesített excentrikus forgást, hasonlóan a Wankel-motor bolygódugattyújához. A **7. ábra** mutat egy képet a szabadalomból [17].

A következő gép, amelyet említeni kell ebben a sorban, a FORCYL típusú vízpumpa [15], lásd a **8. ábrát**.

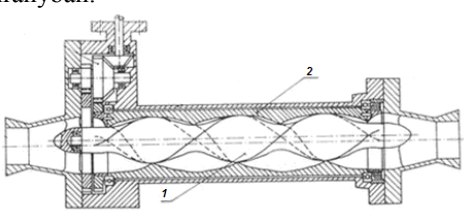
Ennek a gépnek a két fő alkatrésze az 1 rotor és a 2 forgókamra. Az elv hasonló a

Moineau-féle gépekéhez, de ez nem eggyel több, hanem eggyel kevesebb fogat alkalmaz a belső felülethez.



7. ábra. *Moineau-féle „fogaskerék-mechanizmus”*

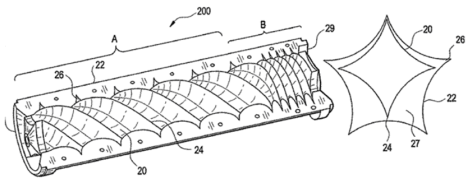
Azaz ebben a konstrukcióban a rotornak két foga van, a kamrának pedig egy. Még pontosabban a **11. ábrán** 19-es számmal jelzett kamraprofil „félszög keresztmetszetű”. Ezt a lehetséges kialakítást nem mutatták be a FORCYL típusú vízpumpa előtt. Ebben a konstrukcióban az aktív alkatrészek párhuzamos tengelyek körül forognak eltérő szögsebességgel ugyanabban az irányban.



8. ábra. *FORCYL típusú vízpumpa*

A mozgás során a felületek zárt kamrákat alkotnak, melyek a tengelyek mentén egyenesen haladnak és szállítják a folyadék- vagy gázközeget. A jó tömítés érdekében az alkalmazott hézag közel nulla. Gázszivattyúk esetén vékony film kenés adja a légzáró tömítést az olajfolt tehetetlenségének köszönhetően, hasonlóan a csavarkompresszorokhoz [23]. A pontos felület lehet köszörült a szűk rés biztosítására. Ez a köszörülő folyamat hasonló a csigák köszörüléséhez, és a köszörűkorong profilja a jól ismert tervezőprogram csomagokkal, mint pl. a HELICAD [4] vagy a Surface Constructor [5,6,7] meghatározható. A korongok számított felülete előállítható CNC korongszabályzókkal.

Új szabadalmak [24,26] módosított csavarfelületet alkalmaznak a tengely mentén a növekvő vagy csökkenő térfogatú üregek eléréséhez hogy kompresszorszerű vagy expanziós gépszerű működést produkáljanak, lásd a **9. ábrát**.



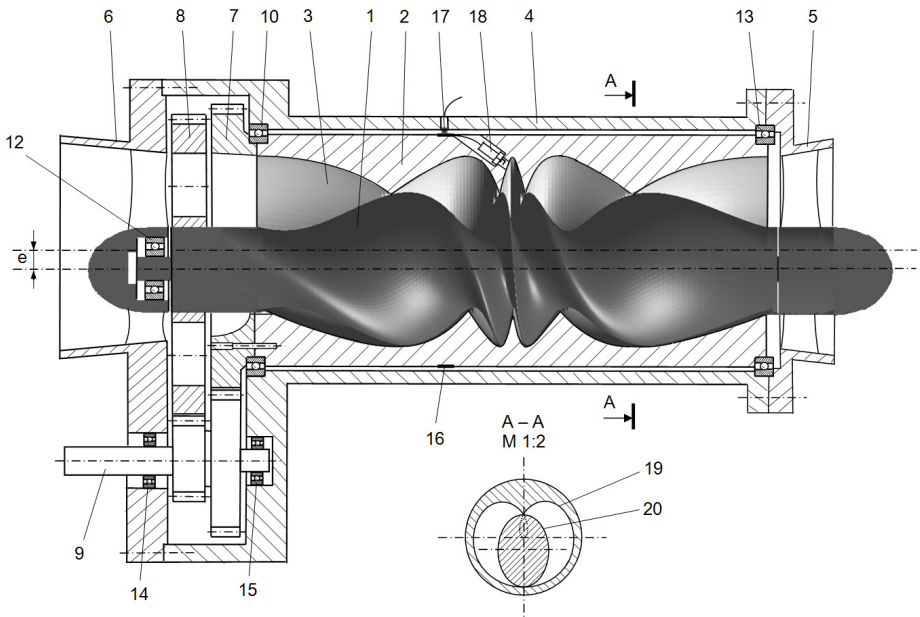
9. ábra. *Nagy (A) és kicsi (B) osztás a Murrow-Giffin szabadalomban [8]*

Amint az ábra mutatja, a feltalálók két, eltérő emelkedésű csavarfelületet alkalmaztak. A táguló vagy sűrítő hatás a két csavarfelület kapcsolódásánál jelentkezik. Ez a megoldás nem előnyös, mert a zárt üregek és következésképpen a nyomás csak egy igen rövid szakaszán jelentkezik a forgó alkatrészeknek. Továbbá az átmeneti részek geometriája és gyártásuk egyik szabadalomban sincs részletezve.

Jelen cikk egyik szerzőjének megoldása folyamatosan változó osztást alkalmaz a csavarfelületek teljes hosszában, lehetővé téve a nyomásváltozási hatás kiterjesztését hosszabb területre [9].

3. Az új forgódugattyús motor

A technika állásának áttekintése után a konklúzió az, hogy nem létezik a tágulókamra elvű szivattyúkon alapuló robbanómotor-konstrukció. Mivel ennek lehetnek



10. ábra. *A találmány szerinti robbanómotor a rotorral (1), forgókamrával (2) és gyújtógyertyával (18)*

előnyei, pl. kompaktság, egy kialakítás került bejelentésre. Egy fontos sajátossága a találmánynak [9] a kompressziós és expanziós igény kombinálása egy robbanómotorban, amint a **10. ábrá**n látható. Hasonló elv figyelhető meg Perna két- vagy többrotoros konstrukciójában.

A javaslat szintén integrálja a két funkciót egy új konstrukcióban, és a szerkezet közepén egy gyújtógyertyát alkalmaz. Hogy elhatároljuk ezt az új konstrukciót a korábban szabadalmaztatottaktól, a következő eltéréseket kell kiemelni:

- Ez a kialakítás eltér Perna konstrukciójától, mert egy forgókamrát alkalmaz egy belső működő felülettel, ezáltal egy kompaktabb kialakítást eredményezve. Az áthaladó gáz a két forgóelem által van közrezárva, az állórész felülete nem fontos ehhez a feladathoz.
- Ez a konstrukció eltér a Murrow–Giffin- [18] vagy a Wiedenhofer–Rasheed- [26] gépektől, mert folytonosan változó osztást alkalmaz, és tartalmaz egy kompressziós és egy expanziós részt is. Továbbá része egy gyújtógyertya. A fő eltérés hogy a forgóháznak csak egy foga van.

A motor működése nagyon egyszerű: a kompresszor rész beszívja a robbanókeveréket, sűríti, majd a motor közepén lévő gyertya szikrája felrobbantja. Majd a kitáguló gáz forgatja a rotort és a forgókamrát, hogy tágítsa az üregeket azok között. Ez az egyik legegyszerűbb robbanómotor-konstrukció a világon. A motor egy kétütemű működésű, szelep nélkül. Mivel nincsenek szelepek, nincs veszteség a szeleprugók összenyomásakor, azok mozgatásakor és a szelepvezérlő mű működtetésekor. Nincs zaj és kopás a szelepek szelepülésen való felütközésekor, nincs ezek okozta vibráció, mely csökkentheti a motor megbízhatóságát és élettartamát. A fő dinamikai előnye a konstrukciónak a folyamatosan forgó, statikusan és dinamikusan kiegyensúlyozott részek alkalmazása, mindennemű alternáló

mozgás nélkül, és ami még fontosabb, mindenféle rángatás és vibrálás nélkül. Nincs gyorsulása az alkatrészeknek a motor nagy fordulatszámánál. A robbanás periodikus hatását csökkenti a robbanótér alakja, a tengelyirányú erők a robbanás kezdetén kis gyorsító hatással bírnak, és a tangenciális erők, melyek a forgást okozzák, hosszabb tér- és időintervallumon át hatnak, simább működést okozva. Nincs szükségtelen mozgás, a motor egyszerűen forog mindennemű csúszó tömítés nélkül, igen nagy fordulatszámokat lehetővé téve ezáltal. A sűrítési és a tágulási arányok tetszőleges függvény szerint beállíthatók. Nincs lehetőség a keverék és a kipufogógáz keveredésére a motorban. A gáz lineárisan mozog a beszívótoroktól a kipufogónyílásig. A károsanyag-kibocsátás minimális értéken tartható, mert elnyújtott égés és ismételt gyújtás szintén lehetséges. Elégtelen égés és magas kibocsátási ráta elkerülhető a kipufogó szakasz kellő hosszúságúra tervezésével. Nincs szükség kipufogóra és hangtompítóra, mert a kipufogógáz nyomása olyan alacsony lehet, mint a légköri nyomás. Ipari kerámiát alkalmazva a rotor és a forgókamra anyagaként nincs szükség hűtésre, ezáltal extrém magas hőmérséklet lehet a motorban. Az [1] forrásban bemutatott motorhoz hasonlóan olyan magas hőmérsékleten üzemelhet a motor, mely a fémmotorokat megolvasztaná. A magas hőmérséklet kevesebb el nem égett keveréket eredményez a kipufogógázban az égés hatásfokának növelése révén. Az alacsony hővezetésű kerámiáknak köszönhetően alacsonyan tartható a hőveszteség. A vízhűtés hiánya egyszerűbb felépítést eredményez, és magasabb energiahatékonyságot. Amint az [1,22] említi, a vízhűtés 25-35%-kal csökkenti a hatásos hőt a motorban. Egy további előny, hogy majdnem tetszőleges üzemanyag használható: bioüzemanyag, benzin, dízelolaj, JP8 repülőgép-üzemanyag, földgáz, növényi olaj és hulladékolaj.

További előnye a konstrukciónak a kiváló teljesítmény/súly arány, kevés alkatrész, nem változó hőállapot a motor mentén, azaz állandó fordulatszámnál állandósult hőmérsékletértékek adódnak, kiváló üzemanyagbeszívás és kipufogás, sima nyomaték- és teljesítményleadás. Rövidebb tömítési réshosszakkal üzemel, mint Perna gépe, és a forgókamra belső felületének az élén akár hagyományos csúszótömítés is alkalmazható.

Hátrányként említhető a 3D felületek előállítási költsége, a szűk rés igénye miatti gyártási költség, a kis rés miatti nem tökéletes tömítés. A Redline [27] szerint a fizikai fordulatszám limit tényező extrém magas ennél a kialakításnál, könnyen túlszárnyalhatja a benzinmotorok 5000-7000 fordulat/perc értékét vagy a Mazda RX-8 Wankel-motorjának 9400-as fordulatszámát, sőt a versenymotorok 20 000 fordulat/perc értékét. A motorban alkalmazott fogaskerék határfordulatszáma 40 000 ford/min [25], nem korlátozó tényező. Nagyobb teljesítményigények esetén több forgókamra párhuzamosan építhető ugyanazzal a szinkronizáló fogaskerékkel.

3.1. Motortervezés

A motor fejlesztésének a következő lépése egy kinematikai, dinamikai modellezésre, áramlástani szimulációkra is alkalmas konkrét terv elkészítése, amely akár le is gyártható. A terv, figyelembe véve a későbbi gyártáshoz elérhető lehetőségeket, első lépésben nem kerámia anyagokkal számol, hanem hagyományos fémkonstrukcióval. Továbbá a motor mérete is kisebb, várható teljesítménye a méretéből eredően egy kézi fűkasza motorjának értékét nem haladja meg.

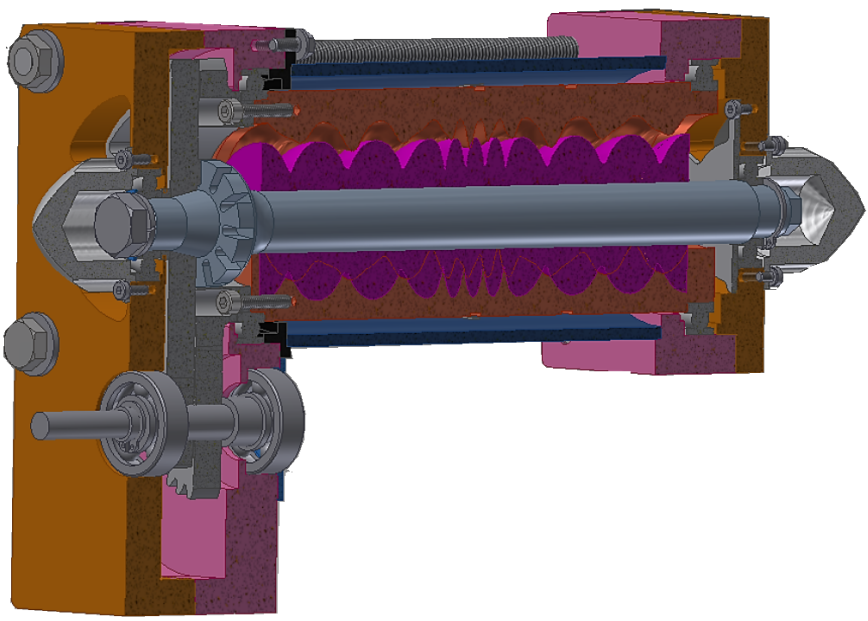
Már a konkrét tervezés első lépéseinél jelentkezett *Perna* figyelmeztetése, miszerint a forgókamrás, axiális átömlésű motorokat a nagyobb hossz jellemzi. A geometriai kialakítás még a Surface Constructorral végzett elemzésnél megmutatta, hogy a zárt

kamrák hossza jelentős, és a későn záruló, illetve hamar kinyíló kamrák miatt egyrészt hosszabb motorral, másrészt a középső részen sűrűbb menetemelkedéssel kell számolni. Ezen utóbbinak viszont ellene hat a gyárthatóság, melynél kétféle lehetőséget elemeztünk. Az első elképzelést, a forgókamra 3D-s szoborfelületként való megmunkálását félgömb végű forgácsolószerszámokkal első lépésben elvetettük, mivel egyrészt vékony árokban kellene nagy kinyúlású szerszámmal dolgozni, másrészt alámetszés is fellép a tengelye mentén osztott kamra belső alakos felületén a tengelymetszeti profil kvázi kardioid alakja miatt. A második elképzelés, az osztott kamrafelek kinagyolása külön-külön teknőszerűen, az alámetszésnek megfelelő ráhagyással, majd a két félből összeszerelt üreges kamra végső alakra hozása és simító megmunkálása a származtatáshoz alkalmazott ellipszisekbe illeszkedő tárcsaszerű szerszámmal reálisabbnak tűnt. Itt is szükséges azonban erősített szárú szerszám a viszonylag hosszú kinyúlás miatt. Az alkatrészek megmunkálhatóságánál további szokatlan igény nem merült fel.

További megfontolást igényelt a gáz átáramlási irányának megválasztása. Ennél abból indultunk ki, hogy az önálló olajkenéssel ellátott szinkronizáló fogaskerék áttétel a kiáramlási oldalon legyen, ahol már az olajat lemosó benzines keverék nem éri.

A konstrukció kialakítása a technológiai megfontolások után a szokásos gépészmérnöki ismeretek felhasználásával történt. A szerkezetbe a rotor és a forgókamra közé tervezett igen kis hézag könnyebb biztosíthatósága érdekében egy, a rotor és a kamra relatív szöghelyzetének finomállítását lehetővé tévő excenteres beállító egységet is betervezetünk. A professzionális CAD rendszerben történt konstrukciós tervezés eredményét a **11. ábra** mutatja.

Egy izgalmasabb résznek még a robbanókeverék berobbantásáért felelős szikraképző elektronika és „gyújtógyertya” kiala-



11. ábra. *A kifejlesztett forgódugattyús motor metszeti nézete*

kítása tűnik. A problémát a szikraképzéshez szükséges nagyfeszültség igénye okozza, amelynek a „gyújtógyertyához” történő odavezetése a forgókamra miatt nem triviális. A tervezett módszer azzal számol, hogy a gépjárművekben szokásos módon a testet maga a fémszerkezet adja, és elegendő csak egy pólusnak a csúszógyűrű-csúszókefe pároson történő átvezetése.

Reményeink szerint a közeljövőben lehetőségünk nyílik a terv realitásának tesztelésére és a szerzett tapasztalatok alapján a konstrukció finomítására.

4. Következtetések

A cikk áttekintette a forgódugattyús belsőégésű motorok fejlődését szabadalmi bejelentéseken keresztül. Bemutatta a szerzők egyikének találmányát, mely a világ egyik legegyszerűbb motorja, számos előnyös tulajdonsággal. A második rész ismertette egy konkrét konstrukció kialakításához vezető gyárthatósági, szerkezeti és működési megfontolásokat, és bemutatta a tervezés eredményét. A továbbiakban a prototípus megépítése és kísérletek végzése kell hogy bizonyítsa a várakozásokat, és tapasztalatokat adjon a szerkezet finomításához.

Köszönetnyilvánítás

Ez a projekt a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 „Járműipari Felsőoktatási és Kutatási Együttműködés” projekt keretében került kidolgozásra. A projektet támogatta a Magyar Kormány, valamint az Európai Szociális Alap.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] 2012 Ceramic Rotary Engines, Inc: *Ceramic Rotary Engine*, http://www. youtube.com/watch?v = YnfFEf7wyww, Elérve: 2013. dec. 20,.

[2] Abe, Y., Maruyama, T.: *Fluid rotary apparatus having tapered rotors.* United States patent US 5533887 A, 1996 http://www.google.no/ patents/US5533887, Elérve: 2013. aug. 21.

[3] Becher, U.: *Twin screw rotors and displacement machines containing the same.* United States patent US 20030152475 A1, 2003, https://www. google. no /patents/US20030152475, Elérve: Aug. 21, 2013.

[4] Dudás, L.: *Resolution of Geometrical Problems of Contacting Surfaces Using the Reaching Model.* Thesis for Candidate of Technical Science Degree, Hungarian Academy of Sciences, Budapest,1993.

[5] Dudás, L.: *Surface Constructor - a Tool for Investigation of Gear Surface Connection*. Proceedings of CIM 2003 Advanced Design and Management Conference, Wydawnictwa Naukowo–Technicne, Warszava, 2003. pp. 140–147.

[6] Dudás, L.: *Advanced Software Tool for Modelling and Simulation of New Gearings*. International Journal of Design Engineering IJDE Vol. 3, No.3, 2010. pp. 289–310.

[7] Dudás, L.: *Gear Investigations Based on Surface Constructor Kinematical Modelling and Simulation Software.* Proceedings of UMTIK 2010 14th International Conference Machine Design & Production, Güzelyurt, T.R. Northern Cyprus, 2010. pp. 731–742.

[8] Dudás, L.: *Modelling and Simulation of a Novel Worm Gear Drive having Point-like Contact.* Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Edited by I. Horváth, F. Mandorli and Z. Rusák, Ancona, 2010. pp. 685–698.

[9] Dudás, L.: *Forgódugattyús belsőégésű motor.* Magyar szabadalom P1100552 Bejelentve 2011. szept. 3, Közzétéve 2013. május 28.

[10] Jacobsson, B. O., Gabelli, A.: *Screw compressor.* European patent EP0376373 A1, 1990, http://www.google.com/patents/ EP0376373A1?cl=en, Elérve: 2013. aug. 21.

[11] Jones, W. A.: *Motor.* United States patent US 678570 A, http://www.google. no/patents/ US678570, 1901, Elérve: 2013. aug. 21.

[12] Kapp, B.: (), *Improvements in Screw Pumps*. Patent GB696732 (A), http://worldwide.espacenet.com/publication Details/biblio?CC=GB&NR=696732A&KC =A&FT=D&ND=&date=19530909&DB=

&locale=en_EP, 1953. Elérve: 2013. aug. 21.

[13] Mann, D.: *Compressor System Technology: Evolutionary Potential and Evolutionary Limits.* http://www.systematic-innovation.com/Articles/05/Feb05-Compressor System Technology-Evolutionary Potential and Evolutionary Limits.pdf, 2005. Elérve: 2013. aug. 21.

[14] Martin, H., Sachse, R.: *Rotors for a screw compressor*. Patent EP 1722104 A2, https://www. google.no/patents/EP1722104 A2?hl=hu&cl=en, 2006, Elérve: 2013. dec. 21.

[15] Micro Europe Kft.: *A Sokszögmegmunkálás élvonalában* (In the Frontline of Polygon Surface Machining), http://www.microeurope.hu/indexsziv.html, 2012. Elérve: 2012. febr. 19.

[16] Moinean, B. J. L.: *Gear Mechanism*. United States patent US RE21374 E, 1940. http://www.google.com.tr/patents/USRE21374, Elérve: 2013. aug. 21.

[17] Moineau, L. R. J.: (), *Gear Mechanism*. United States patent US 1892217 A, http://www.google.com.tr/patents/US1892217, 1932, Elérve: 2013. aug. 21.

[18] Murrow, K. D., Giffin, R. G.: *Axial Flow Positive Displacement Turbine.* United States patent 2009/0226336 A1

[19] North, M. H., (), *Screw vacuum pump.* United States patent US 20010024620 A1, http://www. google.com/patents/US20010024620?hl=hu&cl=en, 2001. Elérve: 2013. dec. 21.

[20] Oscar, L., Rich, J. P., Thompson, N.: *Intermeshing screw pumps and the like*. United States patent US 2908226 A, http://www.google.no /patents/US2908226, 1959. Elérve: 2013. aug. 21.

[21] Perna, V.: *Equipment with mutually interacting spiral teeth.* United States Pat. US 20030012675 A1, http://www.google.de /patents/US20030012675, 2003. Elérve: 2013. dec. 21.

[22] Ronney, P. D.: *Hydrocarbon-fueled internal combustion engines: "the worst form of vehicle propulsion… except for all the other forms".* http://ronney.usc.edu/whyicengines /WhyICEngines.pdf, Elérve: 2013. dec. 21.

[23] Stosic N., Smith I. K., Kovacevic, A.: *Opportunities for Innovation with Screw Compressors.* Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, Vol. 217 No. 3, 2003. pp.157–170. http://www.staff.city.ac.uk/ ~ra601/oportsvi.pdf, Elérve: 2013. aug. 23.

[24] Taylor, A., Ashbourne, E. P. S.: *Helical gear pumps.* United States patent US 3168049, http://www.google.com.tr/patents /US3168049, 1965. Elérve: 2013. aug. 21.

[25] Triveni Engineering & Industries Ltd. product catalogue: *High Speed Gears and Gearboxes.* http://www.trivenigroup.com/ download/gearbox-catalogue.pdf, Elérve: 2013. dec. 21.

[26] Wiedenhoefer, J. F., Rasheed, A.: *Non-contact seal for positive displacement capture device.* United States patent US 20090220369 A1; 2009. http://www.patentgenius.com/patent/7837451.html, Elérve: 2013. aug. 21.

[27] Wikipedia: *Redline.* http://en.wikipedia.org/wiki/Redline, 2008, Elérve: 2013. dec. 21.

[28] Yoshihiro, M., Toshio, M.: *Rotary gas motor and compressor with conical rotors.* United States patent US 3116871 A, 1964. http://www.google.no/patents/US3116871, Elérve: 2013. aug. 21.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 61–64. old.
http://hdl.handle.net/10598/29734
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.06

BEÁGYAZOTT RENDSZER FEJLESZTÉSE TÖMEG-SPEKTROMETRIÁS MÉRÉSEK FELDOLGOZÁSÁRA

DEVELOPMENT OF AN EMBEDDED SYSTEM FOR PROCESSING MASS SPECTROMETRY MEASUREMENTS

Fekete Albert-Zsombor[1,2], Jakab-Farkas László[3], Papp Sándor[4]

[1]*S.C. Tetronic S.R.L., 547530, Románia, Marosszentgyörgy, Wesselényi Erzsébet utca 6 szám; Tel. +40-766-649950, levelezési cím: zsombor.fekete@tetronic.ro*

[2,3,4]*Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, 540485, Románia, Marosvásárhely, Segesvári út 1C; Tel. +40-745-873844[3], +40-745-698939[4]; levelezési cím: jflaci@ms.sapientia.ro[3], spapp@ms.sapientia.ro[4]*

Abstract

Wear-resistant thin film coatings such as Ti_xN_y and TiO_xN_y are produced for various industrial applications, obtained through reactive magnetron sputtering process. The key to a successful sputtering process is the adequate monitoring and control of the various interdependent factors, such as the partial pressures of the reactive gases, which influence directly the structure and composition of the thin film coating. Measuring and maintaining the partial pressures at a desired set point value have a positive effect on the performance of thin films coatings produced. The presented topics include the design of a data management unit that enables the control of a quadrupole mass analyzer used as a measuring device, and the development of a distributed system with optimized algorithms implemented in order to provide a safety system needed to operate the spectrometer correctly.

Keywords: *quadrupole mass spectrometer, embedded system, Ethernet, distributed safety system*

Összefoglalás

A reaktív egyenáramú magnetronos plazmaporlasztási eljárással előállított titán-nitrid és titán-oxinitrid kopásálló vékonyréteg-bevonatokat számos ipari alkalmazásban hasznosítják. A sikeres porlasztási folyamat kulcsa a különböző egymástól függő rendszerparaméterek megfelelő mérése és szabályozása, mint például a reaktív gázok parciális nyomásai, amelyek közvetlenül befolyásolják a vékonyréteg-bevonat szerkezetét és összetételét. A reaktív gázok parciális nyomásainak szabályozása pozítív hatással van az előállított rétegszerkezetre. A cikkben bemutatott témakörök tartalmazzák a központi adatfeldolgozó egység tervezésének ismertetését, melynek segítségével lehetőség nyílik a mérőberendezésként használt kvadrupól típusú tömegspektrométer működtetésére, valamint egy optimalizált algoritmusokat tartalmazó osztott rendszer kialakítására, amelyek együttesen a tömegspektrométer helyes működtetéséhez szükséges védelmi rendszert alkotják.

Kulcsszavak: *kvadrupól tömegspektrométer, beágyazott rendszer, Ethernet, osztott védelmi rendszer*

1. Bevezető

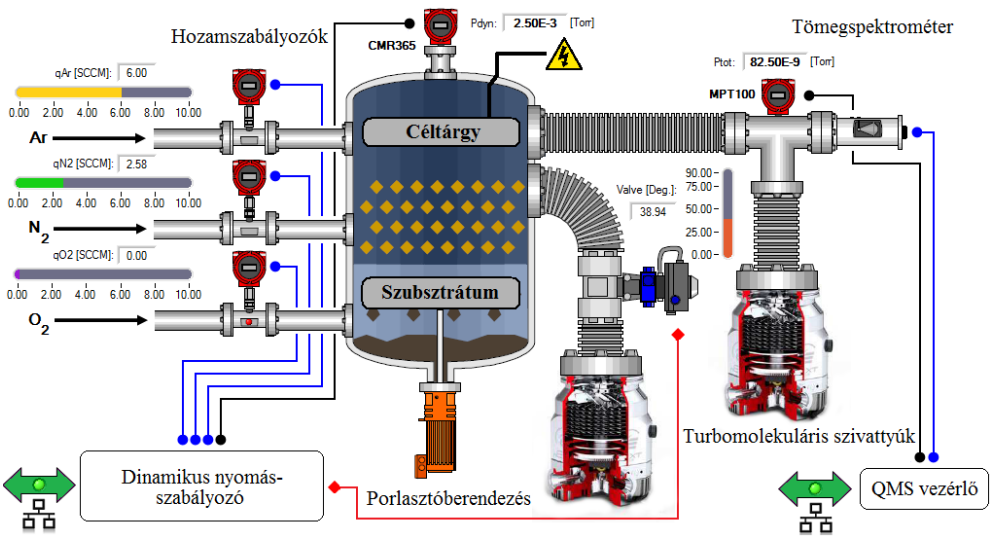
A reaktív egyenáramú magnetronos plazmaporlasztási eljárás az egyik legelterjedtebb módja a titán-nitrid és titán-oxinitrid kopásálló vékonyréteg-bevonatok előállításának. Összetettségének okán a porlasztási folyamat rendkívül instabil, így a különböző egymástól függő rendszerparaméterek megfelelő mérése és

szabályozása elengedhetetlen. Alapfeltétel tehát egy irányítható környezet biztosítása, melyben lehetőség nyílik beavatkozni a rendszerparaméterekbe, mint például a rétegnövekedési sebességbe, a porlasztási teljesítménybe vagy a gáznyomásokba [1].

A kutatás jelen szakaszában a kitűzött cél a konstans rétegszerkezet elérése. A növesztett vékonyréteg szerkezetét és összetételét elsősorban a porlasztás során használt reaktív oxigén és nitrogén gázatomok folyamatban részt vevő mennyisége határozza meg [1]. Ez a mennyiség közvetlenül tükröződik a gázok által létrehozott parciális nyomásban. Mivel egymástól függő paraméterekről beszélünk, bármelyik változása hatással van az összes többire, így megfelelő beavatkozás hiányában a célként kitűzött konstans rétegszerkezet nem érhető el. A probléma kiküszöbölésére a javasolt megoldás a használt reaktív gázok parciális nyomásainak szabályozása. A kívánt szabályozási struktúra implementálása számos részfeladatból tevődik össze, mint például a parciális nyomások folyamat közbeni mérésére tervezett és épített mérőrendszer megvalósítása, a szabályozási algoritmus futtatására alkalmas beágyazott rendszer kialakítása, valamint a gáz-hozamba beavatkozó egység megfelelő vezérlése.

2. Mérőrendszer

Ahogyan a **1. ábrán** is megfigyelhetjük, a mérőrendszer már önmagában egy komplex autonóm berendezés, amely számos saját fejlesztésű vezérlőegységből épül fel. Központi eleme a QM210-es Leybold–Heraeus kvadrupól típusú tömeg-spektrométer.



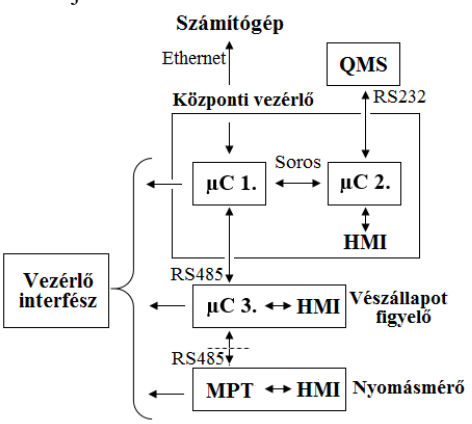
1. ábra. *Kísérleti rendszer: porlasztóberendezés és a parciális nyomások mérésére alkalmas mérőberendezés elvi tömbvázlata*

A kvadrupól típusú tömegspektrométer (angol nyelvű rövidítése QMS) leginkább a relatív egyszerű felépítésének, valamint gyors válaszidejének köszönhetően alkalmazható a kívánt szabályozási feladatok megvalósításában. Szerkezeti felépítés szempontjából három nagy egységből tevődik össze: ionforrás,

kvadrupól szűrő és a detektor. A kvadrupól négy fémrúdja egyen- és váltófeszültséggel megfelelően polarizálva egy sávszűrőt képez [2]. Helyes vezérlés esetében a szűrő áteresztő ablaka annyira kicsi, hogy a kvadrupólt csak a kívánt tömeg/töltéssel rendelkező ionok hagyják el, és érik el a detektort. A becsapodott ionok ionáramot hoznak létre, amelynek nagysága megfelelő erősítés és skálázás után megegyezik a vizsgált gázatomok által létrehozott parciális nyomással. Az analizátor tehát elektromos tér segítségével szétválasztja az ionnyalábot képező ionokat tömeg/töltésük függvényében [2].

A mérőberendezés villamos panelén elhelyezett beavatkozók és vezérlőegységek elsősorban a vákuumrendszer felépítésében részt vevő egyes elemek működéséhez szükséges feltételeket hivatottak biztosítani és ellenőrizni. Ilyen feltétel például a dinamikus nyomás, a hűtővíz hőmérséklete és hozama, feszültségszintek, valamint a rendszerállapotok.

A megvalósított berendezés elemei közötti kapcsolatot az alábbi ábrán lévő elvi tömbrajz szemlélteti.



2. ábra. *Mérőberendezés felépítésében részt vevő saját fejlesztésű beágyazott rendszerek tömbrajza*

A vezérlő interfész az egyedüli áramkör, amely a megbízható működés érdekében nem tartalmaz szoftver alapú logikát. Alapvető feladata adott protokoll szerint működtetni a vákuumrendszert, valamint lehetőséget biztosítani a különböző adatgyűjtő és vezérlő áramkörök számára beavatkozni a folyamatba. Végső fokon egy hibrid osztott rendszerről beszélünk, melyben minden alrendszer jól elkülöníthető feladatokat lát el.

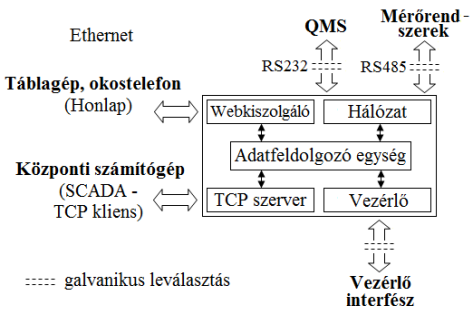
Mivel három mikrovezérlőre alapozott beágyazott rendszer található a berendezésben, fontos kérdés a megbízhatóság, főleg ami a magas prioritású hibák (nem megfelelő hűtési paraméterek, túl magas dinamikus nyomás) ellenőrzését megvalósító programrészt illeti. Ez különösen a vészállapot-figyelő áramkörre érvényes, amely rendszerhiba esetén engedélyezi a leállítási protokollt.

Mivel egy adott hibalehetőséget csupán egy logikai egység követ, ezért a megfigyelés szempontjából nem beszélhetünk redundáns rendszerről, de megfigyelhető, hogy a kommunikációs kapcsolatban lévő beágyazott rendszerek mind hozzáférnek a vezérlő interfészhez, és ezáltal le tudják állítani a vákuumrendszert. Ez azért fontos, mert a kiépített magasabb szintű protokoll tartalmaz egy olyan részt, amely lehetővé teszi a kritikus adatok megosztását a hálózaton. Helyes működés esetén az egységek ciklikusan küldenek egymásnak állapotjelentéseket, és ezáltal mindhárom beágyazott rendszer felhasználhatja őket. Ha adott időn belül nem érkezik meg bármelyik mikrovezérlőhöz a megfelelő csomag, automatikusan engedélyezi a berendezés leállítását. A biztonság növelése érdekében, ha a kapott csomag tartalmaz egy hibaállapotot, akkor az adott logikai egység is kezdeményezi a leállítást. Ezzel az eljárással az egyes beágyazott rendszerekhez rendelt végrehajtó elemek esetleges meghibásodását kívánjuk áthidalni. A cél tehát egy olyan biztonsági háló kiépítése, amely a felépítésében részt

vevő logikai elemek meghibásodása esetén is képes megvédeni a vákuumrendszert.

Természetesen az adott parancs helyes végrehajtásának ellenőrzése közvetlen (feszültségszintek, állapotjelzők) és közvetett (dinamikus nyomás, vízhozam, hőmérsékletértékek) módon is meg van valósítva.

A hibaállapotok tárolása már redundáns, hiszen mindig két mikrovezérlő Flash típusú memóriájába íródnak, ahonnan a felhasználó számítógép segítségével Ethernet hálózaton keresztül kiolvashatja. A folyamat során a hibák automatikusan törlődnek a memóriából, és időbélyeggel ellátva tárolódnak a személyi számítógép háttértárolóján.



3. ábra. *Központi vezérlő adatfeldolgozó egységének elvi tömbrajza*

A redundáns hibatárolási és állapotfigyelési funkciók mellett a saját fejlesztésű központi vezérlő alapvető feladata vezérelni a kvadrupól tömegspektrométert, valamint feldolgozni és továbbítani az általa szolgáltatott mérési adatokat Ethernet alapú hálózaton. Az osztott rendszer DSP típusú mikrovezérlője az analizátor működtetését valósítja meg, kamatoztatva a mikrovezérlő perifériás moduljainak előnyeit. Az adatcserét úgy a DSP, mint a 32 bittes architektúrájú kommunikációs mikrovezérlőben felkonfigurált DMA csatornák segítik.

A **3. ábrán** megfigyelhető, hogy az adatfeldolgozó egység átjárhatóságot biztosít a rendszer saját hálózata, valamint a külső Ethernet alapú hálózat között. A magas szintű biztonsági szolgáltatásaikért elismert ipari kommunikációs rendszerekkel szemben az Ethernet típusú hálózat a bemutatott alkalmazásban számos előnyt mutatott. Egy saját alkalmazásba beágyazható Unigate ProfiBus V3743-as modul, adott felhasználói csomagszerkezet mellett mindössze 24kbps adatátviteli sebességet volt képes biztosítani, a bemutatott mikrovezérlős rendszer 1Mbps-os sebességével szemben. Ugyanakkor elmondható, hogy a saját fejlesztésű ethernetes adatátjátszó többszintes programkódja nyílt forrású, ellentétben egyes megvásárolható szabványosított ipari modulokéval.

Ethernet alapú hálózatra való csatlakozás lehetőséget nyújt egy egységesített kommunikációs közeg megvalósítására, valamint a beágyazott rendszer lehetővé teszi számos adatcsatorna egy időben történő használatát beágyazott TCP szerverek és webkiszolgáló révén.

3. Következtetések

Az alkalmazott redundanciáknak, a kialakított belső hálózatnak, valamint az így kapott osztott védelmi rendszernek köszönhetően biztosítani lehet a parciális nyomások mérésére javasolt komplex és sajátos kialakítású mérőberendezés biztonságos körülmények között történő automata üzemeltetését.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bíró, D.: *Straturi subţiri nanostructurate*. Editura Universităţii Petru Maior, Tîrgu-Mureş, România, 2004

[2] Henchman, M., Steel, C.: *Design and Operation of a Portable Quadrupole Mass Spectrometer for the Undergraduate Curriculum*. Journal of Chemical Education, vol. 75 No. 8, August 1998, 1042–1054

[3] *** TCP/IP programcsalád leírása: *Microchip TCP/IP Stack Help* (verzió: 5.42.08 - 2013)

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 65–68. old.
http://hdl.handle.net/10598/29735
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.07

VÉGTAGCSONK ÉS PROTÉZIS NYOMÁSELOSZLÁSÁNAK VIZSGÁLATA

PRESSURE REPARTITION BETWEEN LOWER LIMB STUMP AND PROSTHESIS

Forgó Zoltán[1], Filep Róbert[2], Tolvaly-Roșca Ferenc[3]

[1] *Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Cím: 540485, Románia, Marosvásárhely / Koronka, 1C; Telefon / Fax: +40-265-208172, levelezési cím: zforgo@ms.sapientia.ro*

[2] *OrtoProfil Prod Romania Kft., Cím: 540485, Románia, Marosvásárhely, Hídvég utca 44/A; Telefon / Fax: +40-265-264834, levelezési cím: rfilep@ortoprofil.ro*

[3] *Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Cím: 540485, Románia, Marosvásárhely / Koronka, 1C; Telefon / Fax: +40-265-208172, levelezési cím: tferi@ms.sapientia.ro*

Abstract
In case of accident or disease the limb amputation could be a lifesaving action performed by the physician. The consequence is a deteriorated life quality of the patient, but the use of limb prostheses can ameliorate this loss. A main factor by design and manufacturing of the prostheses is the comfort and it is influenced by several factors. Beside the anatomy of the limb stump, the materials used in the manufacturing of the prostheses are of major importance. Even more, the material used for welting the prosthesis has great impact regarding the comfortable use of it. This paper presents a measurement method for the recognition of dynamic load distribution between the limb stump and prosthesis, through which the quantitative evaluation of the welt materials can be done.

Keywords: *prosthetic limb, prosthesis, pressure repartition*

Összefoglalás
Balesetek vagy betegségek következtében számos esetben életmentő beavatkozásként az orvosok végtag-amputációt végeznek, mely gyökeresen megváltoztathatja pácienseik addigi életminőségét. A régi tevékenységeknek az újra felvételét segítik a különböző protetizálási eljárások, melyek következtében a páciens végtagprotézist kap. Ezek gyártásánál igen fontos tényező a protézis kényelmessége, mely több anatómiai és műszaki jellemzőtől függ. A végtagcsonk anatómiáján kívül a protézis megépítésére használt anyagok is hozzájárulnak ehhez, és itt ki kell emelni a protézis bélelésére használt anyag fontosságát, hiszen ezen keresztül kerül kontaktusba a végtagcsonk a kemény anyagú protézissel. Jelen dolgozatban egy olyan eljárást mutatunk be, mely segítségével fel lehet térképezni az érintkezésben levő felületek közötti nyomás dinamikus alakulását, lehetővé téve a különböző bélelési anyagok kvantitatív jellemzését.

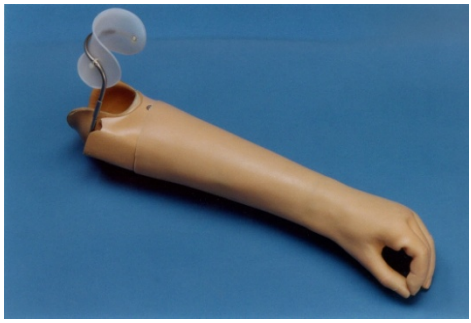
Kulcsszavak: *művégtag, protézis, nyomáseloszlás*

1. Bevezető

Egy végtag elvesztése meghatározó lehet egy ember életében. Az illető személy életvitele megtörik, és az akaraterő fontos tényező lesz az életminőség javításának hosszas folyamatában.

Természetesen a művégtagok alkalmazásától sem lehet eltekinteni. A páciens felépülésére fordítható összeg határozza meg ezen alkalmazandó művégtagok milyenségét. Napjainkban a modern technológiák segítségével, olyan művégtagok készülnek, melyek funkcionalitásban hasonlítanak az elvesztett végtaghoz (**1. ábra**), viszont bonyolult felépítésük nem teszi elérhetővé minden rászoruló számára. Az alsóbb árkategóriába tartozó protézisek leginkább a külalak „élethűségével" próbálják enyhíteni a páciensek mindennapjait (**2. ábra**).

1. ábra. *Az OttoBock cég által gyártott C-Leg lábprotézis, mely mikroprocesszor által vezérelt mozgásban alkalmazkodik a páciens tevékenységéhez [1]*



a)

b)

2. ábra. *a) Passzív művégtag, mely mechanikai vezérléssel mozgatható hüvelykujjat tartalmaz. (www.swisswuff.ch/tech/?p=428)*
b) elemi funkcionalitással rendelkező protézis, melyet az idegpályák segítségével, elektródákon keresztül lehet vezérelni. (www.bostonmagazine.com/health/article/2013/11/26/prosthetics-research-boston-arm/)

Mindezek mellett, kiemelt figyelmet kell fordítani annak a felületnek a kialakítására, amely érintkezésbe kerül a végtagcsonkkal. A lágyszövetek károsodásának kockázata legfőképpen a lábprotézis esetén nagynak mondható, mivel a páciens a teljes súlyával terheli az említett felületet. Olyan nyomáseloszlásról beszélhetünk, mely időben változó, ciklikus, és teljes mértékben függ a mozgás dinamikájától. A protézis gyártásának technológiája figyelembe veszi a végtagcsonk alakját, formáját, és ennek megfelelően alakítják ki a tokot, melybe

behelyezi a végtagcsonkot a páciens a művégtag viselésekor. A kényelem biztosítása érdekében a kemény felület egy puha anyaggal van kibélelve, viszont a végtagcsonk formája, lágy és kemény szövetek jelenléte, a páciens fájdalomküszöbe, mind olyan tényező, mely egyedivé tesz minden művégtagot. Ezek mellett a páciens egészségi állapota (pl. cukorbetegség) is nagy hatással van a protézis elkészítésekor használt bélésanyagok használatára.

2. A berendezés és a mérés módszertanának bemutatása

A jelenleg is folyó kutatás végcélja egy olyan mérési rendszer kidolgozása és megvalósítása, melynek segítségével feltérképezhető egy végtagcsonk és a rá helyezett művégtag közötti dinamikus nyomáseloszlás. Ennek segítségével nemcsak a kényelem szubjektív megítélése zárható ki, hanem nyomon követhető az időben változó végtagcsonk terhelése is. Abban az esetben, ha ez „veszélyesen” megnő, akkor természetesen egy új tok gyártása javasolt.

E dolgozat elkészültéig sikerült a mérés és kiértékelés módszertanát kidolgozni. A két felület közötti nyomást hat nyomásérzékelő bélyeg (**3. ábra**) segítségével rögzítettük egy adatgyűjtő berendezésen keresztül, majd a kapott értékeket görbékként jelenítettük meg.

(a) *(b)*

3. ábra. *A használt CZN-CP6 (a) és CZN-CP9 (b) nyomásérzékelő bélyegek*

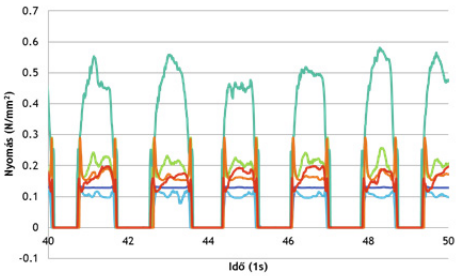
4. ábra. *A hat érzékelő helye a végtagcsonkon (az ábrán ötnek a helyzete látható, míg a hatodik hátul helyezkedik el)*

Az első válaszra váró kérdés az érzékelők elhelyezését érintette. Mivel kezdetben ideiglenes mérőberendezésről beszélhetünk, egyértelmű volt a bélyegek elhelyezése a végtagcsonk és a bélés, nem pedig a bélés és a műanyagtok között. Amint a **4. ábrán** is látható, a végtagcsonkra egy zokni van húzva, majd ezen helyezkednek el az érzékelők. Azért, hogy ne mozduljanak el mérés közben, egy harisnya segítségével lettek rögzítve. A bélyegek helyzete a végtagcsonkon az eddigi orvosi tapasztalat eredményeként volt megállapítva. A begyűjtött jelek LabJack UE9 adatgyűjtőn keresztül jutottak a számítógépbe, ahol lehetséges volt ezek kiértékelése.

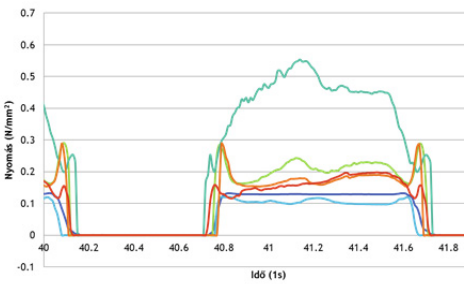
3. Kísérleti eredmények bemutatása

A méréseket több élethelyzetben is elvégeztük, illetve kiértékeltük:

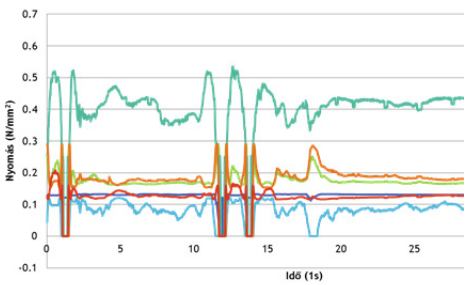
- a páciens sétálása közben (**5.a ábra**);
- a páciens álló helyzetében, mikor mind a két lábán áll (**5.b ábra**);
- a páciens álló helyzetében, mikor a sérült lábán áll (**5.c ábra**);
- a páciens álló helyzetében, amikor az egészséges lábán áll (**5.d ábra**);
- a páciens a súlypontját változtatja az egészséges és sérült lábára támaszkova (**5.e ábra**).



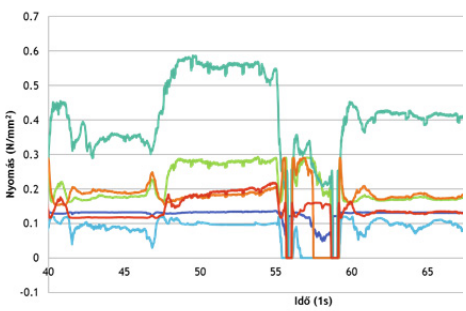
(a)



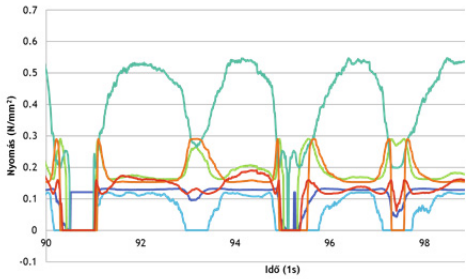
(b)



(c)

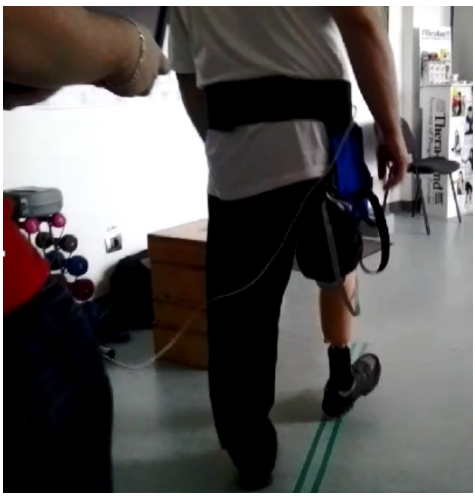


(d)



(e)

5. ábra. *A kiértékelt nyomásgörbék a különböző kísérletek során*



6. ábra. *A sétálási kísérlet: az adatgyűjtő a páciens derekára van erősítve.*

A feldolgozott adatok egyértelművé tették, hogy a kidolgozott és bemutatott módszer lehetőséget nyújt a végtagcsonk és a protézis közötti nyomás feltérképezéséhez. Továbbá rugalmas alkalmazást is biztosít, mivel az amputációk esetenként különböznek, így a kialakult végtagcsonkhoz az alkalmazkodás elengedhetetlen.

Szakirodalmi hivatkozás

[1] Máyer Á. A.: *Amputáltak testtudata és állásbiztonsága*. Doktori értekezés, Semmelweis Egyetem, Budapest, 2011.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 69–74. old.
http://hdl.handle.net/10598/29736
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.08

TÉSZTAHIDAK

PASTA BRIDGES

Gobesz Ferdinánd-Zsongor

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, Cím: 400020 Románia, Kolozsvár, C. Daicoviciu (Bástya) u. 15; Telefon: +40-246-401351, levelezési cím, go@mecon.utcluj.ro

Abstract
Spaghetti bridge building may seem a playful activity, but it is a major engineering task if it is properly conducted. The adventure and success experiences coupled with professional recognition have a great charm on young students, encouraging their thirst of knowledge and developing their research propensity, showing that training through game can be effective in engineering education to.

Keywords: *Engineering education, competition, spaghetti bridge*

Összefoglalás
Játékos foglalatosságnak tűnhet, de a tésztahídépítés komoly mérnöki feladat, ha szakszerűen végzik. A kaland és a siker élménye szakmai elismeréssel párosulva nagy vonzerőt gyakorol a fiatal hallgatókra, szítja a tudásszomjukat, és fejleszti a kutatási hajlamukat, igazolva, hogy a játékon keresztüli oktatás a mérnöki képzésben is eredményesen alkalmazható.

Kulcsszavak: *mérnöki oktatás, verseny, tésztahíd*

1. Bevezetés

Első ránézésre talán furcsának és komolytalannak tűnhet a cím. Ugyan mi köze lehet a tésztának a hidakhoz, ki épít tésztából hidat és miért? Mi köze lenne ilyesminek a tudományhoz? Ezekre és hasonló kérdésekre fog válaszokat lelni az, akinek e cikk felkeltette az érdeklődését.

Építőmérnökként és egyetemi oktatóként nyilvánvaló számomra a szakmai gyakorlat szükségessége és fontossága. Hiába komoly az elméleti háttere egy szakembernek, ha nem tudja tudását alkalmazni. A bolognai folyamatból eredő egyetemi mérnöki oktatás átalakulása folytán a szakmai gyakorlat eléggé felhígult az építőmérnöki képzésben, de fontosabb szerepet kapott a kutatás. A szakmai gyakorlat háttérbe kerülése, illetve minőségi romlása javarészt az építőipar rendszerváltás utáni hanyatlásával függ leginkább össze. Másfelől az egyetemi oktatás és a társadalom fejlődésével, alakulásával egyre több intézményben, egyre változatosabb szakterületeken kínálnak képzést, ezért az egyetemek kénytelenek versenyezni a hallgatókért.

Ilyen megfontolásokból merült fel az a kérdés, hogy építőtelepek híján miként lehetne alkalmazni a hallgatók elméleti tudását a gyakorlatban, és hogyan lehetne ezt oly mértékben vonzóvá tenni, hogy a karunk előnyt élvezhessen és keresettebbé váljon a potenciális hallgatóink számára,

másfelől pedig a hallgatóink kényszer nélkül legyenek ösztönözve a tudásszerzésre, a tanulásra és a kutatásra. Egy lehetséges válasz erre az olyan tudományos vetélkedők szervezése, amelyek lehetőséget nyújtanak a fiatalok által igényelt kaland meg sikerélmény élvezetéhez úgy, hogy kutatást meg gyakorlati tudás alkalmazást feltételezzenek.

Számos tudományos vetélkedő létezik mind egyetemi hallgatók [1], mind iskolai tanulók számára. A kolozsvári Építőmérnöki Karon három nemzetközi vetélkedőn való részvételnek alakult ki mára a hagyománya. Az első, az óbudai RECCS (tésztahídépítő bajnokság) volt, amin egyéves felkészülés után 2011 májusában sikerült résztvennünk először (ekkor vált világbajnoksággá), és esztétikai, innovációs, illetve „Gyermelyi" különdíjakkal tértünk haza. A második, az amerikai EERI (*Earthquake Engineering Research Institute*) évente sorra kerülő konferenciája mellett szervezett SDC (*Seismic Design Competition*) volt, amin 2011 őszén vettünk első ízben részt, majd miután 2013-ban 3. helyezést értünk el, 2014-ben és 2015-ben elsők lettünk. A harmadik, a ráczkevei Duna-ágon szervezett „Mapei" beton-kenu kupa, amin Balázs György tanár úr (akkori FIB elnök) jóvoltából sikerült egy hallgatónknak részt vennie a BME csapatában, majd az elkövetkező három évben már saját (kolozsvári) csapatokkal jelentkeztünk.

2. Tésztahídépítő versenyek

Számos tésztahídépítő verseny létezik szerte a világon, különféle szabályokkal és változatos eredményekkel. Eleinte esztétikai, művészi jellegű építészeti vetélkedők voltak, majd a teherbírás került előtérbe. Ausztráliától Kanadáig oly sok országban szerveznek ilyen versenyeket, hogy szinte lehetetlen mindegyiket számba venni (jó példa erre [2], ahol csak néhány szerepel a sokból). Van, ahol csak a teherbírást mérik, de van ahol az esztétika és a szerkezeti megoldás is díjazásra kerül.

Romániában két ilyen ismert vetélkedő létezik, az egyiket a jászvásári Műszaki Egyetem Építőmérnöki és Épületgépészeti Karán szervezik, május első felében általában. Ezen a vetélkedőn első nap terveznek, második nap építenek, majd harmadik napon tesztelik a szerkezetek teherbírását (**1. ábra**). Teherbírás mellett az esztétikát és a magasságot is elbírálják, de csakis a szervezők álltal rendelkezésre bocsátott anyagokból lehet építeni [3]. A másik vetélkedő a kolozsvári Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán kerül megrendezésre, általában a tavasszal, az óbudai Reccs előtt egy hónappal. Ezen a vetélkedőn bármilyen kereskedelemben kapható tésztafélét lehet használni, szabályzata az óbudai versenyét követi [4], és csupán a teherbírást mérjük (**2. ábra**).

1. ábra. *Kép a jászvásári versenyről [3]*

2. ábra. *Kép a kolozsvári vetélkedőről*

Teherbírás szempontjából az iráni versenyek tűnnek a legerősebbeknek (a száraz éghajlat előnyösen befolyásolja a tésztafélék teherbíró képességét), de nincs elég információnk a szabályzatukról és az alkalmazott terhelési módokról. Az [5] szerint az idei február 22–26. között zajlott versenyükön egy Bandar Abbas-beli csapat tésztahídja 750 kg-os terhelésre tört össze.

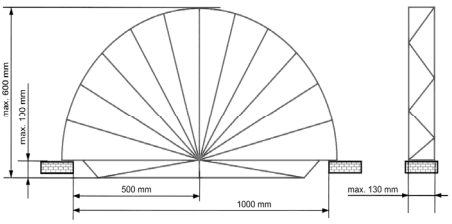
3. ábra. *Iráni vetéledő, 2011-ben [6]*

Mivel a rangosabb tésztahídépítő versenyek közül az óbudai bajnokság színhelye állt 2010-ben legközelebb a városunkhoz, és mert az ottani eredmények kemény ellenfeleket ígértek, ezt választottuk első nemzetközi megmérettetésünkre. Azóta rendszeresen részt veszünk rajta évente, dícséretes eredményekkel. A hallgatóink nemzetközi megmérettetése nemcsak nekünk, oktatóknak fontos, hanem a hallgatóinknak is, hiszen így kaphatnak igazi önbizalmat, látva, mit ér amit tudnak. Míg első versenyeinken csak ritkán értünk el 200 kg feletti törési értékeket az 1 t-ra „tervezett” szerkezeteinkkel, ma már gyakoriak a 400 kg feletti törési értékeink 7-800 kg-os teherbírásra tervezett tésztahidakkal.

3. Hogyan készül egy tésztahíd

Az első lépés a csapat összeállítása. Nem elég, hogy jól egyezzenek a csapattagok, jól ismerjék egymás készségeit, el kell fogadnuk egyikük szervező-vezető szerepét.

Ha összeállt egy csapat, akkor tanácskozással kezdjük az elméleti felkészülést: mit, honnan és hogyan lehet beszerezni. Nemcsak tésztára, ragasztóra van szükség, hanem kissebb-nagyobb eszközökre (vágáshoz csiszoláshoz, illesztéshez és ragasztáshoz, stb.). A hallgatók választják a szerkezet alakját a szabályzatban korlátolt méretek szerint, majd ellenőrzik, hogy ne lépje túl az előírt tömeget. Ezután következik a szerkezeti modell előméretezése.



4. ábra. *A szerkezeti méretek korlátai [7]*

Az anyagjellemzőket mérhetik maguk, vagy alkalmazhatják az előttük dolgozott csapatok adatait. A ragasztókat több hőmérsékleten és több keverési arányban is ajánlott tesztelniük. Minden mérést, számítást le kell jegyezniük és lehetőségükhöz mérten ellenőrizni, majd magyarázniuk is illik.

5. ábra. *Próbatestek készítése az anyagjellemzők megállapításához [8]*

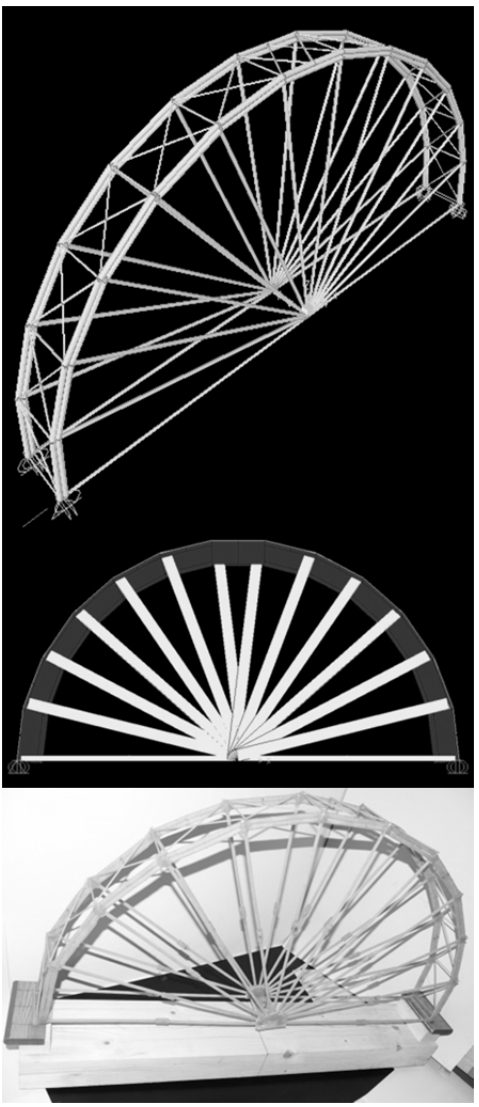
Ez a tevékenység szilárdságtani gyakorlatként is felfogható [9]. Mivel az adatok mások számára is hasznosak lehetnek, bátorítjuk a hallgatók kutatási eredményeinek a közlését, publikálását.

6. ábra. *Szilárdságtani próbák [8]*

Az elképzelt szerkezeti modellt ezek után számítógépen modellezve vizsgálják erőtani szempontból és elmozdulások, kihajlások szerint [8], [10].

Az építéshez előbb sablonokat és rögzítő rendszereket kell készíteni. Ezek elképzelése és gyakorlati kialakítása is sokszor bonyolult feladat. Fontos a pontos illesztés (és ragasztás), ezért a kiválogatott és méretre szabott tésztadarabokat csiszolni is ajánlott illesztés előtt. Nagyon óvni kell a nedves-ségtől (párától, izzadságtól) a tésztaszála-kat, a ragasztót pedig kézi előkészítés esetén apróbb adagokban ajánlott keverni, hogy minél egyenletesebb tapadás alakuljon ki.

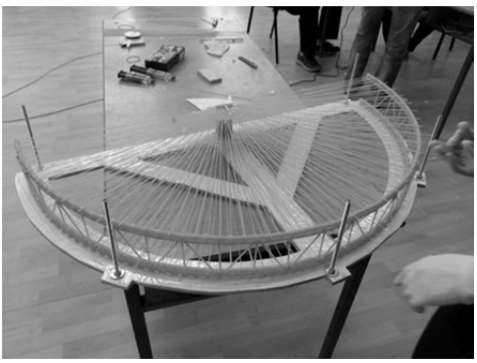
Az építési folyamat alatt a munkavédelem is fontos, nemcsak azért mert villamos gépek (kis körfűrész, csiszológép, porszívó stb.) kerülnek használatra, hanem azért is, mert a keletkező portól meg illanó vegyületektől óvni kell a szemet, a légzőszerveket és a bőrt.



7. ábra. *Virtuális statikai modell (fent) és az egyszerűbb erőtani számítás eredménye (középen), majd a megépített tésztahíd (alul) [8].*

A megépített szerkezeteket óvni kell a nedvességtől meg az ütésektől, erősebb rázkódástól, ezért megfelelő védődobozokat kell készíteni a tésztahidak számára úgy, hogy tárolásra és szállításra is alkalmasak legyenek. Tapasztalataink szerint hosszabb

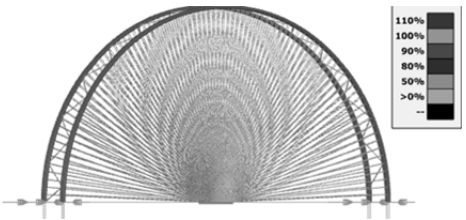
távú járműves szállítás esetén akár 100-110 kg-mal is csökkenhet a szerkezet törési határa a folyamatos rezgések miatt kialakuló aprócska repedések meg az anyagok fáradása miatt.



8. ábra. *Rögzítő sablonba szerelt épülő híd*

Mivel a tésztafélék szerkezeti viselkedése hasonló a nagyfeszültségű betonokéhoz (sokkal jobban bírják a nyomást, mint a húzást, hajlításra érzékenyek, és robbanásszerűen törnek), azért olyan geometriai alakot kell kialakítani, mely a lehető legkisebb elmozdulásokkal képes a terhet elosztani a szerkezet elemeiben a törés pillanatáig. Ez magyarázza a körívhez közelítő felső talpak vastagságát és a húzott küllők sokaságát. Minél több küllő feszül meg a terhelés során, annál egyenletesebben alakul nyomássá a felső ívekben a feszültség, és annál jobban kerül kihasználásra az alkotóelemek anyaga (**9. ábra**).

A tervezés során nem árt azt is megvizsgálni, hogy a szerkezet mely terhelési fázisban vesztheti el a stabilitását. Tudva, hogy a tervezett végső teherbírás egy elméleti érték, melynek, a „pontos" kivitelezés függvényében, csupán 40-60%-át éri el a gyakorlati töréspróba során a megépített valós szerkezet, nem ritka a méretek, sőt az alkotóelemek számának és fajtájának a lépésenkénti változtatása a számítógépen végzett szerkezeti vizsgálatok során. E teherbírási eltérésben az apró, észrevétlen anyaghibáknak, a tészták nem tökéletesen egyforma keresztmetszetének is jelentős szerepe van.



9. ábra. *Egy anyagkihasználtsági modell [10]*

10. ábra. *Kihajlás vizsgálata számítógépes modellen (másodfokú vizsgálat) [10]*

A gyakorlati töréspróba után is sok tanulság születik, hiszen a törés módjából, a terhelés során keletkező elmozdulásokból, majd a tönkrement szerkezet részeinek az állapotából sok mindenre lehet következtetni. Az ily módon szerzett tapasztalatok biztosíthatják a hozzáértés fejlődését és a sikert a vetélkedőkön.

4. Következtetések

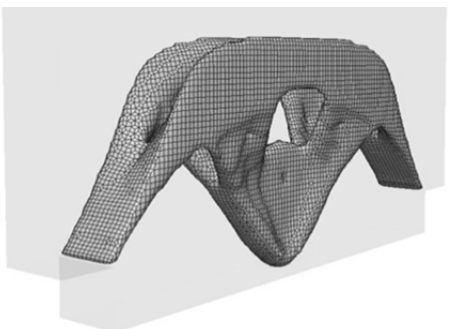
Bár játékos foglalatosságnak tűnhet, a tésztahídépítés komoly mérnöki folyamat, ha szakszerűen végzik. A csapatmunka jellegzeteségei, az időbeosztás és az anyagbeszerzés, valamint az eredményeket tükröző hozzáértés mind komolyabbá és felelősségteljesebbé alakítja a részt vevő hallgatók jellemét. Ezt igazolja az a tény is, hogy bár szabadidejükből sokat áldoznak ilyen tevékenységekre, mégis kiváló tanulási eredmé-

nyekkel rendelkeznek még azok a hallgatók is, akik előzőleg nem jeleskedtek. A nemzetközi megmérettetés eredményeként többen nevesebb külföldi egyetemeken végzik ösztöndíjjal a mesteri vagy doktori tanulmányaikat. Ekképp, a tésztahidak nemzetközi kapcsolatokat is tudnak teremteni.

Az alábbi tantárgyakon szerzett ismeretek alkalmazhatóak leginkább a tésztahídépítés során:

– anyagismeret,
– szilárdságtan (és rugalmasságtan),
– mechanika (és statika, stabilitás),
– számítógéppel segédelt tervezés,
– munka- és folyamatszervezés,
– technológia.

Az sem elhanyagolható, hogy hogyan értékelik a munkavédelmi előírásokat, és hogy milyem műszaki etikai tapasztalokat szereznek e tevékenységek során a mérnökhallgatók.



11. ábra. *Tésztahidak töréspróbájától ihletett topológiát optimalizáló alkalmazás eredménye KratosMultiphysics segítségével a Müncheni Műszaki Egyetemen [11]*

A kaland és a siker élménye szakmai elismeréssel párosulva nagy vonzerőt gyakorol a fiatal hallgatókra, bizonyítva, hogy a játékon keresztüli oktatás a mérnöki képzésben is eredményesen alkalmazható. A tésztahídépítés révén szerzett tapasztalatok a tudományos kutatásban is hasznosíthatók (**11. ábra**).

Szakirodalmi hivatkozások

[2] Nagy-György T., Demeter I.: *Diákverse-nyek az építőmérnöki oktatásban.* XVII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, (Csíksomlyó, 2013. június 13–16.), EMT, Kolozsvár, 2013. 275–281.

[2] A wikipédia szerzői: *Spaghetti bridge*. https://en.wikipedia.org/wiki/Spaghetti_bridge (hozzáférés: 2015.10.29).

[3] Spaghete 2015., http://www.ce.tuiasi.ro/ro/studenti/concursuri/spaghete-2015/ (hozzáférés: 2015.10.27).

[4] A wikipédia szerzői: *Tésztahíd*. https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9sztah%C3%ADd (hozzáférés: 2015.10.29).

[5] Iran Daily: *Iranians set record in spaghetti bridge contest*. http://www.iran-daily.com/News/112359.html (hozzáférés: 2015.10.28)

[6] IFSSB (Iranian Federation of Spaghetti Structures Building), http://www.ifssb.ir, https://www.facebook.com/ifssb/timeline (hozzáférés: 2011.10.24).

[7] Reccs – Tésztahíd építő világbajnokság, http://reccs.uni-obuda.hu/hu/ (hozzáférés: 2015.10.15).

[8] Péntek M. és mások: *Szerkezet-modellezés száraz tésztából*. 13. Műszaki TDK (Temesvár, 2011. április 8–10.), Orizonturi Universitare kiadó, Temesvár, 2011.

[9] Bíró Cs. és mások: *Szerkezet-modellezéshez használt nem-konvencionális anyag tesztelése*. XVI. FMTÜ, EME, Kolozsvár, 2011, 59–63.

[10] Bartalis Sz., Geréb A., Bárdi Z.: *Száraztésztából épült híd modellezése*. 15. Műszaki TDK (Temesvár, 2015. május 15–17.), U.P. Timişoara, Temesvár, 2015.

[11] Gonzales, E.: *Efficient Three-Dimensional Topology Optimization of Arbitrary Geometries Using Open-Source General-Purpose Finite Element Software*. Master Thesis (advisor Daniel Baumgärtner). Technische Universität München, Lehrstuhl für Statik, München, 2015.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 75–80. old.
http://hdl.handle.net/10598/29737
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.09

CNC TECHNOLÓGIA KOMPLEX PROFILÚ ÉS VÁLTOZÓ EMELKEDÉSŰ CSIGÁK GYÁRTÁSÁRA

CNC TECHNOLOGY FOR VARIABLE PITCH AND VARIABLE SCREW PROFILE WORMS MANUFACTURING

Gyenge Csaba[1], Olah László[2]

[1]*Emeritusz egyetemi tanár Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia, gyenge_cs@yahoo.com*

[2]*PhD. Fejlesztő mérnök ROTORCRAFT AG, Svájc, olahlasz@gmail.com*

Abstract
Some new gearboxes use different type of variable pitch and variable screw profile surface section worms. In this paper we present the geometry of helically surfaces used at these transmissions and one new CNC machining technology developed by our team. The experimental researches was realized at Direct-Line Ltd.in Budapest.

Keywords: *gearing, precision turning, CNC manufacturing*

Összefoglalás
Számos korszerű fogaskerékhajtásban gyakran használnak különleges, változó emelkedésű és változó profilú csigákat. A cikk keretében ismertetjük ezeknek a csigáknak a geometriai meghatározását, valamint az általunk kidolgozott CNC technológiát, melyet a Budapesti Direct Line Kft. Ultrapreciziós laboratóriumában kísérleteztünk ki.

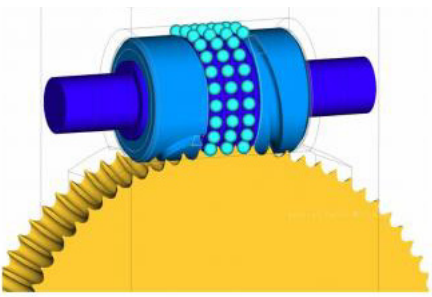
Kulcsszavak: *fogaskerekek, ultrapreciziós gyártás, CNC technológia*

1. Bevezető

Általában a golyós mechanizmusok tulajdonsága abban rejlik, hogy a két szilárd test közötti erőátvitel egy másik szilárd test közvetítésével történik, csúszás nélkül.

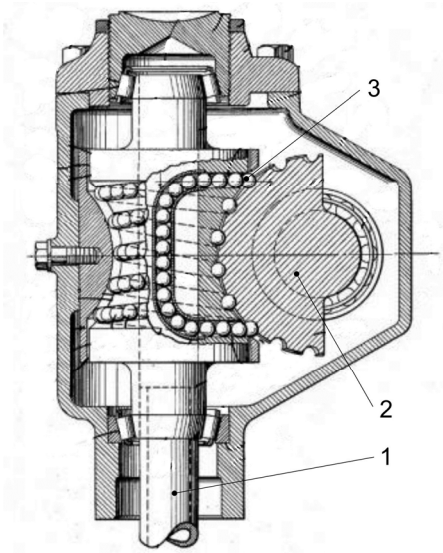
A golyós fogaskerékhajtások elve az 1930-ban szabadalmazott golyós csavarhajtásokon alapszik, amelyeket egyre gyakrabban alkalmaznak a szerszámgépek szerkezetében.

A golyós csigahajtás abban különbözik a hagyományos csigahajtásoktól, hogy a csiga hagyományos csavarfelülete helyett egy körív keresztmetszetű csavarfelelület van kialakítva, és ebbe golyók vannak helyezve. Ugyanúgy a csigakerék fogárka szintén körív alakúra van kiképezve, és a relatív mozgás a golyókon keresztül valósul meg (**1. ábra**).

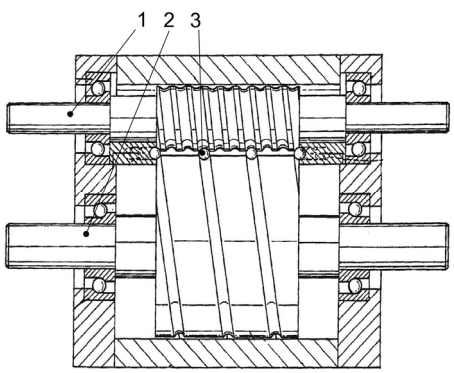


1. ábra. *A golyós csigahajtás elve [2]*

A golyós átviteli lehetőségeket különböző különleges hajtóműveknél is alkalmazzák (**2.** és **3. ábra**).



2. ábra. *Globoid golyós hajtómű*



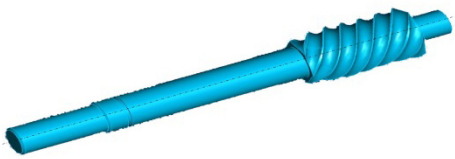
3. ábra. *Párhuzamos tengelyű hajtómű*

A megfelelő szerkesztés és gyártás céljából Bogár István mérnök kifejlesztett egy matematikai modellt, amelyet megfelelő változtatásokkal mi is alkalmaztunk.

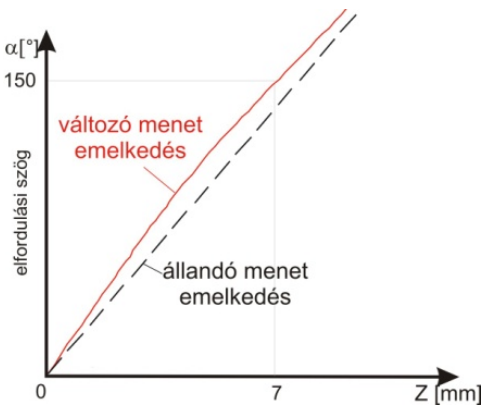
A golyós hajtóművekben alkalmazott hengeres vagy kúpos csigák geometriája nagyon különbözik a hagyományostól. Általában a csavarfelületek fogárokprofilja és menetemelkedése tengelyirányban változik. A következőkben részletesebben ismertetjük e csigák geometriáját és utána az általunk kifejlesztett technológiát.

2. A változó emelkedésű csigák geometriája

A geometria ismertetését egy konkrét nagy pontosságú golyós hajtómű esetén végezzük. A ProEngineer program segítségével szerkesztett 3D-s modell a **4. ábrán**, a menetemelkedés diagramja pedig az **5. ábrán** látható.

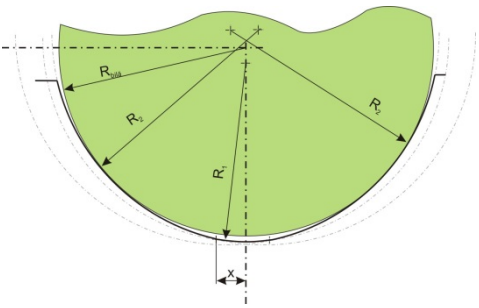


4. ábra. *A különleges csiga térbeli rajza.*

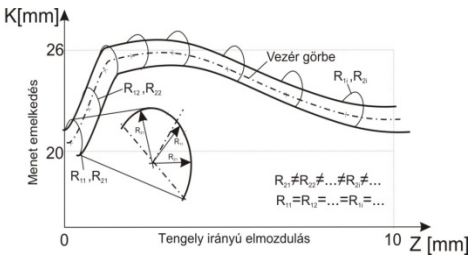


5. ábra. *A menetemelkedési diagramok*

Amint a **6. ábrán** látható. a csavarmenetárok keresztmetszete kiszélesített körív alakú. A profilt meghatározó sugarak állandóan változnak a tengely hosszában a csavarvonal mentén (**7. ábra**).



6. ábra. *A csavarárok normálmetszete.*

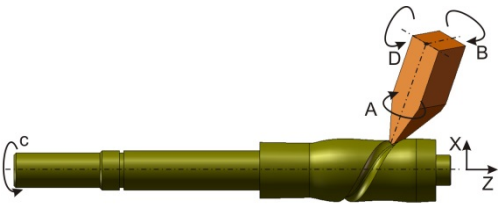


7. ábra. *A fogárok keresztmetszetének változása a csavarvonal mentén*

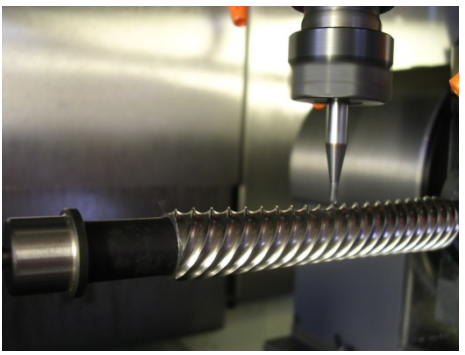
A legördülés alatt az árokban elhelyezett golyók között egy kis hézag kell legyen. Annak érdekében, hogy a befutásnál és a kifutásnál ez a hézag ne csökkenjen nullára, a csavarvonal emelkedése befutásnál és kifutásnál fokozatosan nő és így el lehet kerülni a golyók egymásba ütközését, ami zajjal és gyors kopással járna.

3. A különleges csigák megmunkálása

Tekintettel a fent említett mértani jellemzőkre, ezeket a csigákat csak olyan megmunkáló egységen lehet kivitelezni, amely az általános forgácsolási feltételek mellett biztosítja a menet és profil állandó változását. Kutatásaink keretében két megmunkálási lehetőséget vizsgáltunk: ultrapreciziós esztergálás (**8. ábra**) és ujjmaróval való marás (**9. ábra**).



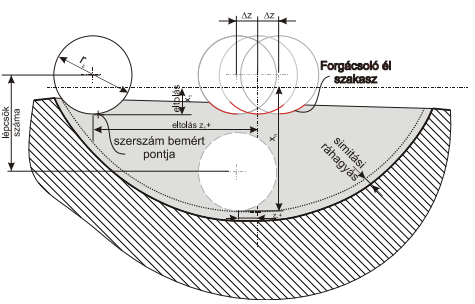
8. ábra. *Az esztergáláshoz szükséges mozgások.*



9. ábra. *A váltakozó profilú és emelkedésű csiga marása egy 5 tengelyű megmunkáló központon*

A fogárok kialakítását két műveletben valósítottuk meg: nagyolás és simítás.

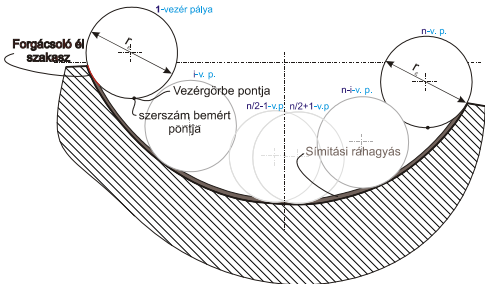
Nagyoláskor az anyag eltávolítását lépcsősen végeztük (**10. ábra**).



10. ábra. *A nagyolás stratégiája*

Amint az ábrán látható, a nagyolt fogárok profilja a ráhagyásnak megfelelő egyenlő távolságban követi a végső profilt.

Simításkor a szerszám váltakozva folytonosan követi a fogárok két oldalát (**11. ábra**).



11. ábra. *A simítási művelet stratégiája*

4. A programozáshoz szükséges adatok meghatározása és feldolgozása

Ahhoz, hogy egy különleges csavarfelületet a fent említett technológiával lehessen megvalósítani, pontosan meg kell határozni numerikusan-pontszerűen is a normálmetszetét és a többi paraméterét.

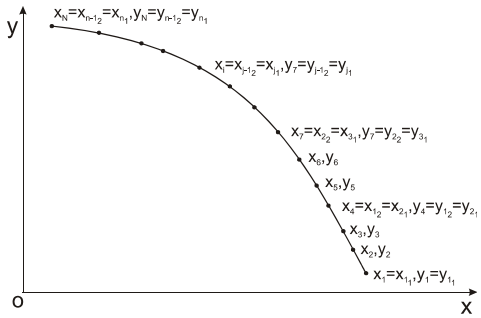
Mivel a szerszámgép programozási lehetőségei korlátozottak, a profilokat megközelítő görbékkel kellett helyesíteni. Számunkra az archimedesi spirálisokkal való megközelítés volt megfelelő.

A fogárok normálmetszeti profil pontonkénti meghatározása a következő halmazokkal fejezhető ki:

$$X = \{X_1, ()..(), X_N\}$$

$$Y = \{Y_1, ()..(), Y_N\} \qquad (1)$$

Ezeket a halmazokat felbontottuk n alhalmazra, és az így kapott eredményekkel a **12. ábrán** látható görbemeghatározás látható.



12. ábra. *A profil n pontonkénti meghatározása*

A következőkben meg kellett határozni azokat az archimedesi spirálisokat, amelyek megfelelő pontossággal közelítik meg a pontonkénti profilt.

Ennek érdekében az archimedesi spirális poláris egyenletét használtuk:

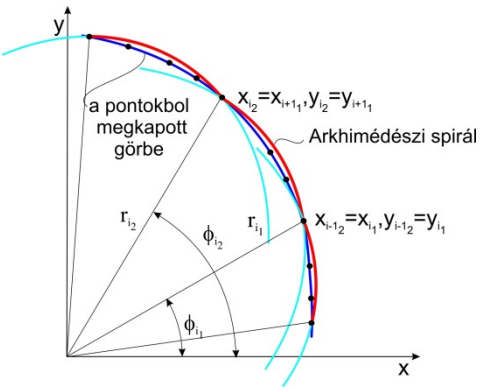
$$r = a + b\varphi \qquad (2)$$

Az i-vel jelzett alhalmaz számára a spirális paraméterei a következő egyenletekkel határozhatók meg:

$$a_i := \frac{-\sqrt{\left(X_{i_1}^2 + Y_{i_1}^2\right)\left(X_{i_2}^2 + Y_{i_2}^2\right)}\, arctg\left(\frac{Y_{i_1}}{X_{i_1}}\right) + \left(X_{i_1}^2 + Y_{i_1}^2\right) arctg\left(\frac{Y_{i_2}}{X_{i_2}}\right)}{\sqrt{X_{i_1}^2 + Y_{i_1}^2}\left(arctg\left(\frac{Y_{i_2}}{X_{i_2}}\right) - arctg\left(\frac{Y_{i_1}}{X_{i_1}}\right)\right)}$$

$$b_i := \frac{\sqrt{X_{i_1}^2 + Y_{i_1}^2} - \sqrt{X_{i_2}^2 + Y_{i_2}^2}}{arctg\left(\frac{Y_{i_1}}{X_{i_1}}\right) - arctg\left(\frac{Y_{i_2}}{X_{i_2}}\right)} \qquad (3)$$

Az X_i, Y_i alhalmazzal meghatározott profil megközelítése archimedesi spirálisokkal a **13. ábrán** látható.



13. ábra. *Az X_{i_1}, Y_{i_1} és X_{i_2}, Y_{i_2} pontokat összekötő archimedesi spirális*

A programozáshoz szükséges pontok meghatározása érdekében eleinte a kónuszos csavarfelület paramétereit kell ismerjük, éspedig:

- csiga maximális átmérője: X_f, mm;
- a csiga tényleges hossza: Z_f, mm;
- a csavarfelület menetemelkedése: K, mm/ford;
- a csavarfelület bekezdési szöge: SF.

A fenti paraméterek numerikus meghatározása céljából a következő algoritmust fejlesztettük ki:

$$X_f = 2 \cdot \sqrt{X_{i_2}^{\ 2} + Y_{i_2}^{\ 2}} \qquad (4)$$

$$Z_f = Z_{i_2} \qquad (5)$$

$$\varphi_{i_{12}} = a\cos \frac{X_{i_1} \cdot X_{i_2} + Y_{i_1} \cdot Y_{i_2}}{\sqrt{X_{i_1}^{\ 2} + Y_{i_1}^{\ 2}} \cdot \sqrt{X_{i_2}^{\ 2} + Y_{i_2}^{\ 2}}} \qquad (6)$$

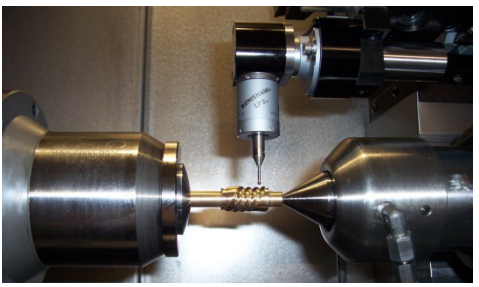
$$Z_{i_{12}} = \left| Z_{i_1} - Z_{i_2} \right| \qquad (7)$$

$$K_{i_{12}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta Z_{i_{12}}}{\varphi_{i_{12}}} \qquad (8)$$

A számításokat többször meg kell ismételni, és ennek érdekében kidolgoztunk egy programot a Mathcadban.

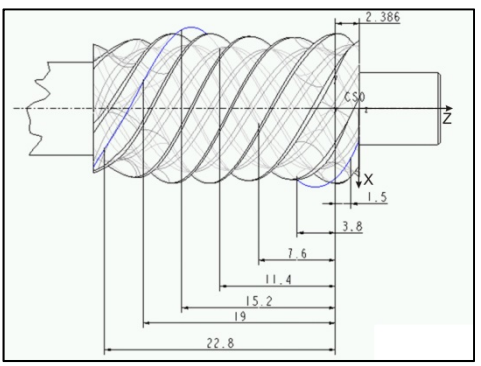
5. A megvalosított csiga ellenőrzése

Mivel a komplex vátozó emelkedésű és változó profilú csigafelület nem volt ellenőrizhető hagyományos mérőműszerekkel, a használt megmunkálóközpont RENISHAW-féle mérőegységét használtuk, amely micron pontosságot biztosít (**14. ábra**).



14. ábra. *A csiga mérése a RENISHAW egységgel*

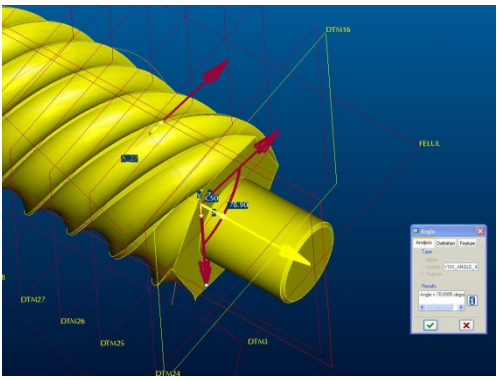
A méréshez meg kellett szerkeszteni a munkadarab 3D-s modelljét, amely segítségével meghatároztuk a mérési pontokat (**15. ábra**).



15. ábra. *A mérési pontok meghatározása*

A pontokat a munkadarab koordinátarendszerében kellett megadni. Ennek érde-

kében a ProEngineer programot használtuk (**16. ábra**).



16. ábra. *A felület meghatározó pontjainak a koordinátái*

7. Következtetések

Összehasonlítva a megvalósított csiga geometriáját és pontossági paramétereit a hagyományos módszerekkel megvalósíthatóakkal, arra a következtetésre jutottunk, hogy a kifejlesztett technológia alkalmas a golyós hajtóművek szerkezetében alkalmazott komplex csigák kis sorozati gyártására. Természetesen a technológiát tovább kell fejleszteni úgy, hogy nagyobb termelékenységet és rugalmasságot lehessen elérni.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Inventor: István Bogár, *Roller Transmission Gearing Mechanism*. Patent publication No. WO 2007/077470 A1

[2] Bogár I., Reith J., Mészáros I., Oláh L. M.: *Technological problems of roller gearing mechanism*. Gépészet 2010. Budapest, 2010. május 25–26.

[3] I. Mészáros D., Szepesi: *Hochpräzisions-Hartdrehen als optomierter Prozess.* Werkstatt und Betrieb 138 Jahrgang 11.11.2005. pp. 58–62.

[4] Mészáros, I., Huijbers, M.: *Hartgewindedrehen verkürzt die Prozesskette*. Wekstatt und Betrieb 9/2002. p. 33–35

[5] Mészáros, I. Huijbers, M.: *Das Hartdrehen bekommt neue Anwendungsfelder,* Werkstatt und Betrieb 4/2003. p. 26–28.

[6] *Gyenge, Cs., Pacurar, A.: Some Characteristic Aspects Regarding the Precision Manufacturing of Worm Gears*. Proceedings of 11 th. International Conference MTeM 2013 Cluj-Napoca-Romania ISBN 973-9087-53-1, p. 93–98.

[7] Olah L.: *Researches regarding New Technology For Manufacturing Speecial High Precission Gears*. PhD. Thesis. Technical University of Cluj-Napoca, 2011.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 81–92. old.
http://hdl.handle.net/10598/29719
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.10

EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATRA KAPCSOLT VEKTORIÁLISAN SZABÁLYOZOTT SZINKRONGENERÁTOR SZIMULÁCIÓJA

SIMULATION OF THE VECTOR CONTROLLED SYNCHRONOUS GENERATOR SUPPLYING A DC LINE

Imecs Mária[1], Szabó Csaba[2], Incze János Jób[3], Szőke (sz. Benk) Enikő[4]

Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Electrical Engineering, Department of Electrical Machines and Drives, Cím: RO-400114, Romania, Cluj-Napoca, Str. Memorandumului Nr. 28; Phone: +40(0)264401242, Fax: +40(0)264592055.
[1] maria.imecs@emd.utcluj.ro, [2]csaba.szabo@emd.utcluj.ro,
[3] ioan.incze@emd.utcluj.ro, [4] eniko.szoke@emd.utcluj.ro

Abstract
The paper presents the field-orientation principle based vector controlled wound-excited synchronous generator running autonomously and feeding a local DC line, which is connected to the national 3-phase AC grid. The connection between the two systems is realized by a switch mode power electronic converter operating at unity power factor and sine-wave currents allowing two direction energy flow. The loading of the DC line is made by some vector controlled AC drives. The synchronous generator was simulated with a motor type mathematical model, deduced from the so called Park's general equations. The power electronic converters are modeled similar to the quadripole theory in two variants: the direct model is suitable for PWM-controlled converters, and the reverse one is applied to square-wave converters. The simulation of the whole system was made in MATLAB-Simulink® dynamic simulation environment, which is suitable for future practical implementation on an experimental rig controlled by a dSPACE® DS1104 Controller Board.

Keywords: *Stator-field-orientation, Wound-excited synchronous machine, Power electronic converter, PWM control, Park-transformation*

Összefoglalás
A dolgozat az egyenárammal gerjesztett szinkrongenerátorok mezőorientációs elven alapuló vektoriális szabályozását mutatja be, autonóm üzemmódban, mely egy olyan helyi egyenáramú hálózatot táplál, ami egy kétirányú kényszerkommutációs áramirányítón keresztül rá van kapcsolva az országos háromfázisú hálózatra. A két hálózatot összekapcsoló áramirányító maximális teljesítménytényezőt és szinuszos áramot biztosít. Az egyenáramú hálózat vektoriálisan szabályozott váltakozó áramú hajtásokkal van leterhelve. A szinkrongenerátort motormodellel szimuláltuk, melyet az úgynevezett általános Park-egyenletekből származtattunk. A teljesítményelektronikai áramirányítókat két változatban modelleztük. Az úgynevezett direkt modell megfelel az impulzusszélesség-modulációval vezérelt konvertereknek, míg az inverz modell a négyszöghullámmal működő áramirányítóknak. A teljes rendszert a MATLAB-Simulink® dinamikus szimulációs környezetben vizsgáltuk, mely lehetőséget biztosít a jövőbeli gyakorlati implementációra a dSPACE® cég DS1104-es vezérlőkártyájára alapozott fejlesztési rendszer segítségével.

Kulcsszavak: *sztátormező-orientáció, gerjesztőtekercses szinkrongép, teljesítményelektronika, áramirányító, ISzM vezérlés, Park-transzformáció*

1. Bevezető

A villamosítás kezdetén a XIX. század vége felé, jelentős érvek mellett, az egyenáramú (EÁ) villamos energia (ViEn) szolgáltatás mellett foglalt állást a Siemens cég és számos, az elektrotechnika terén híressé vált személyiség, mint például Edison is, szembekerülve Teslával, aki a váltakozó áramú (VÁ) ViEn-szállításban látta a jövőt, és amit a Ganz cég is alkalmazott.

A konvencionálisan termelt 3 fázisú (3F) VÁ ViEn-t villamos gerjesztésű, azaz gerjesztőtekercses (GT) szinkrongenerátorok (SzG) szolgáltatják, melyek nagy teljesítményű tartományokban való alkalmazása a teljesítmény/méret, illetve teljesítmény/súly magas arányértékének tulajdonítható. A GT-SzG másik jelentős előnye, amiért a VÁ-hálózatok (VÁH) legfőbb energiaszolgáltatója maradt, annak tulajdonítható, hogy a teljesítmény-tényezőjét (TT), azaz a meddőteljesítményét a gerjesztési árammal szabályozni lehet.

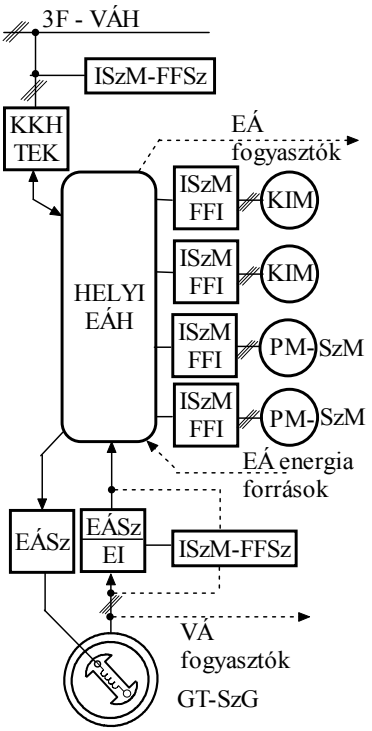
A termelt ViEn felhasználása annál gazdaságosabb, minél kevesebb átalakításon megy keresztül, és minél kevésbé messzire kell szállítani. A kisebb teljesítményű erőművek helyi energiaforrásaiból termelt ViEn-t érdemesebb közcélú áramszolgáltatással lokálisan felhasználni. Az egyre jobban elterjedő megújuló energiatermelési eljárásokat helyileg általában kombinálva szokták alkalmazni. Mivel a napelemek közvetlenül egyenfeszültséget állítanak elő, az utóbbi időben az EÁ hálózatok (EÁH) tanulmányozása és fejlesztése újból időszerűvé vált [10], [11], [13], [14].

Az EÁ-szolgáltatással a kezdetekkor jelentkező hátrányok később a tirisztor feltalálása után a teljesítményelektronika elterjedésével nagyrészt már megoldódtak. A XX. század második felében kifejlesztett új típusú félvezető eszközökkel és modern felépítésű áramirányítókkal mind az EÁ-feszültség, mind a VÁ-feszültség szabályozása lehetővé vált [4] – [7].

2. A helyi egyenáramú hálózat

Az EÁH-k ma is érvényes előnyei között említhetjük, hogy állandósult állapotban (ÁÁ) csak aktív (ohmos) ellenállással kell számolni. Az EÁ energia akkumulátorokban tárolható – és nem túl hosszú áramkimaradás esetén – a ViEn-ellátás folytonossága biztosítható.

Az **1. ábrá**n egy helyi EÁH látható, melyet lokális energiaforrásból előállított villamos energia táplál [10], [14].



1. ábra. *A VÁH-val összekapcsolt lokális EÁH, melyet helyi energiával működtetett szinkrongenerátor táplál, VÁ villamos motoros meghajtású fogyasztókkal.*

A tanulmányozott EÁH rá van kapcsolva az országos 3F-VÁH-ra, ahova ViEn-t szolgáltathat, vagy ahonnan fogyaszthat.

A rendszer EÁ és VÁ részeit vezérelhető áramirányítók, azaz teljesítményelektro-

nikai konverterek (TEK) kapcsolják össze, melyek egyben az energiaátvitel vezérlését is elvégzik [6], [7], [10], [11], [13], [14].

Az **1. ábrán** az EÁH fogyasztói 3F-VÁ villamos hajtások, melyek az alkalmazásokban leggyakrabban kefe nélküli motorokkal működnek. Ezek közé tartoznak a kalickás indukciós motorok (KIM), illetve az állandó (permanens) mágneses szinkronmotorok (PM-SzM), melyeket EÁ közbensőkörös (EÁ-KK) indirekt sztatikus frekvenciaváltókkal (SzFV) táplálnak és vezérelnek. Több kisebb teljesítményű hajtás esetén nem érdemes mindegyiknek egy saját egyenirányítót alkalmazni. Ilyen esetben előnyössé válik egy közös EÁ-KK, amit egy nagyobb teljesítményű egyenirányító táplál, és amit helyi EÁH-vá is ki lehet fejleszteni. A villamos hajtás fékezése esetén a forgó motor kinetikai energiáját az EÁH-ba vissza is lehet táplálni [10], [11], [13], [14], [16].

3. Teljesítményelektronikai konverterek és vezérlésük

A TEK-ek (áramirányítók) vezérelhető félvezető eszközöket tartalmaznak, a szabályozott rendszerekben a beavatkozó eszközök szerepét töltik be. Az utóbbi időben a klasszikus tirisztort a magasfrekvenciás kényszerkommutációs félvezető eszközök nagyrészt már kiszorították. A kis és közepes teljesítménytartományokban a legelterjedtebb TEK – a hajtástechnikából jól ismert – impulzusszélesség-modulációval (ISzM, angolul PWM – „*Pulse-Width Modulation*”) vezérelt szigetelt rácsú bipoláris tranzisztoros (IGBT – „*Insulated-Gate Bipolar Transistor*”) feszültség típusú híd-kapcsolású váltóirányító (inverter), mely az indirekt SzFV-k kimenő, azaz a VÁ motorok felőli TEK-je felöli. Ezeket ma már mint egyenirányítót is alkalmazzák a VÁH-i oldalon és aktív szűrőként is négyszöghullámmal működő TEK-eknél, szinuszos áram biztosítására.

A feszültségforrás jellegű (FF) invertert (ISzM-FFI) angol nyelvű megnevezése (PWM-VSI – „*Voltage-Source Inverter*”) mintájára hasonlóan nevezték el egyenirányító üzemmódban (ISzM-FFR, angolul PWM-VSR – „*Voltage-Source Rectifier*”) és aktív szűrőként (ISzM-FFSz, angolul PWM-VSF – „*Voltage-Source Filter*”).

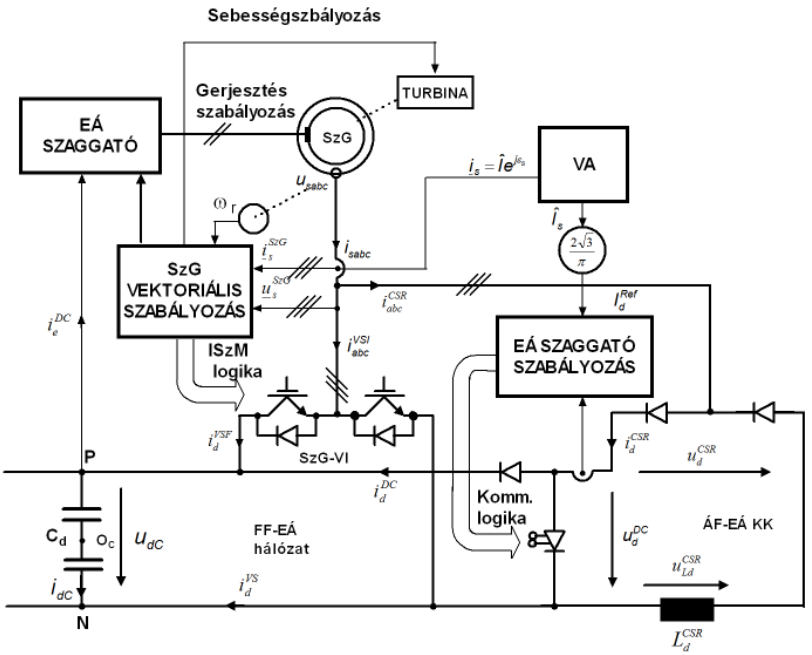
Minden ISzM eljárás, melyet a hajtástechnikában az inverterek számára már a 80-as években nagyrészt kidolgoztak és később továbbfejlesztettek, alkalmazható mindhárom üzemmódban [4], [5].

Nagyobb teljesítményeknél vezérlőjellel kikapcsolható (GTO – „*Gate Turn Off*”) tirisztorokat alkalmaznak. Ezekket általában amplitúdómodulációs (angol PAM – „*Pulse-Amplitude Modulation*) áramforrásjellegű (ÁF) inverterekben (angolul CSI – „*Current-Source Inverter*”) alkalmazzák. Ezek is alkalmasak kétirányú energiaátvitelre, tehát egyenirányítóként is alkalmazhatók, viszont négyszöghullámos működésük miatt szinuszos áram biztosítására szűrést kell alkalmazni [5] – [8].

Az **1. ábrán** bemutatott helyi EÁH-t a 3F-VÁH-val egy ilyen kényszerkommutációs hálózati áramirányító (KKH-TEK) kapcsolja össze, mely kétirányú energiaátvitelt biztosít, és az ISzM-FFSz aktív szűrő segítségével VÁH felé szinuszos áramot szolgáltat. A GT-SzG gerjesztését egy kisebb teljesítményű egyenáramú szaggató (EÁSz angolul „*DC-to-DC Chopper*”) táplálja az i_e^{DC} árammal az FF-EÁ hálózatról, mely a **2. ábrán** is látható [10], [13], [14], [16], [18], [19].

Az SzG által termelt energiát egy ISzM-FFSz szűrővel ellátott EI egyenirányítóval egyenirányítjuk, és egy (az SzG teljesítményének megfelelő) EÁSz-szel kapcsoljuk az EÁH-ra (**1. ábra**). Erre azért van szükség, mert az EI egyenirányító áramforrás jellegű, viszont a helyi EÁH feszültségforrás jelleggel bír [10], [13], [14], [16].

A **2. ábrán** láthatók az FF-EÁ-hálózat C_d szűrőkondenzátorai, melyek FF jelleget (U_{dC}=ct) biztosítanak a fogyasztóknak. A SzG által szolgáltatott ViEn egyenirányítása, az energia egyirányú haladásának köszönhetően, diódás (nem vezérelhető) 3F hídkapcsolással is elvégezhető. Az L_d^{CSR} tekercs az ÁF jelleget (i_d^{CSR}=ct.) biztosítja az EÁ-KK-nak, melynek következtében az SzG armatúra árama elvileg négyszöghullámú. Az ennek tulajdonítható forgáslüktetésének a kiküszöbölésére az áram szinuszosra való szűrését az SzG-VI IGBT-s aktív szűrő fogja elvégezni, amit az FF jellege miatt a FF-EÁ-hálózatra kell kapcsolni [7] – [11], [13], [14], [16].



2. ábra. *Az egyenáramú hálózatot tápláló gerjesztőtekercses szinkrongenerátor kapcsolási rajza*

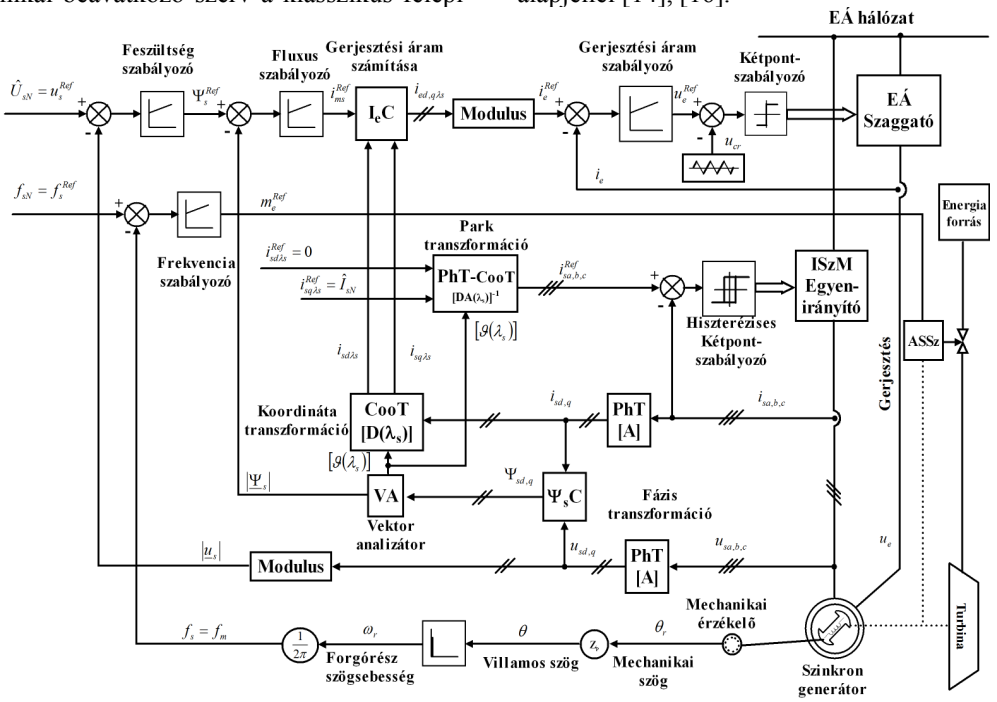
A két különböző jellegű EÁH-t a „*Boost*" kapcsolású GTO tirisztoros EÁSz kapcsolja össze, melynek a kommutációs (Komm.) logikáját az áramvisszacsatolásos ISzM generálja az armatúraáram térfázorának (TF) a modulusa függvényében (mivel arányos az egyenirányított áram nagyságával) [7] – [11], [13], [14], [16].

4. Szinkrongenerátorok mező-orientációs szabályozása

A VÁH-ra kapcsolt GT-SzG-nek a követelményei mellett (a frekvencia névleges értéken való tartása és az előírt feszültség bizonyos értékhatárok közötti biztosítása) meddő energiát is kell termelnie, ami túlgerjesztéssel állítható elő [18], [19]. Ha az SzG-t EÁH-ra kapcsoljuk, a termelt ViEn-t szükséges egyenirányítani, amit meddőenergia-termelés nélkül is meg lehet oldani [14], [16].

A **3. ábrán** az EÁH-t tápláló GT-SzG vektoriális szabályozási struktúrája látható. A generátor VÁ energiáját egyenirányító EI áramirányító vezérlése hisztérézises kétpont szabályozókkal áramvisszacsatolásos ISzM-vel történik. A gerjesztést tápláló EÁ szaggató vezérlése nyílt hurkú FF-jellegű

vivő-/hordozó-hullámos ISzM, mely szimpla két-pont szabályozót igényel, és amire ráépül a gerjesztő áram (alapjele i_e^{Ref}) PI jellegű zárt hurkú szabályozása. A mechanikai beavatkozó szerv a klasszikus felépítésű centrifugális automata sebességszabályozó (ASSz), mellyel a turbina által szolgáltatott energiát vezéreljük a frekvenciaszabályozóból kijövő nyomaték (m_e^{Ref}) alapjellel [14], [16].



3. ábra. *Egyenáramú hálózatra kapcsolt gerjesztőtekercses szinkrongenerátor sztátormező-orientált vektoriális szabályozási struktúrája*

Mivel a fogyasztók teljesítménye állandó jelleggel ingadozhat, az EÁH-t tápláló SzG szabályozása elkerülhetetlen. Előnyös, ha az EÁH össze van kapcsolva VÁH-val, mert akkor állandó értékű energiatermelés mellett a többletet az országos hálózatba tudja szolgáltatni, vagy az EÁH túlterhelése esetén onnan ViEn-t tud szívni.

A GT-SzG klasszikus szabályozása két egymástól független hurokban történik, ahol a frekvencia alapjele a fordulatszámot állítja be, a feszültség alapjele pedig a gerjesztést. Eddig is tudott dolog volt, hogy a gerjesztő áramtól nemcsak a meddő teljesítmény függ, hanem a szinkrongép nyomatéka is, viszont ez a skaláris szabályozásokban nincs figyelembe véve. A modern vektoriális szabályozás abban különbözik a konvencionális skaláris jellegűtől, hogy a szabályozási hurkok a matematikai modellt (MaMo) figyelembe véve össze vannak csatolva TF-ek közti összefüggések alapján.

A szinkrongépekben nemcsak a sztátor- (itt az armatúra-) áramnak van mágnesező (reaktív), illetve nyomatékképző (aktív) összetevője, mint az indukciós motorokra érvényes hagyományos mezőorientáció (MO) esetén, hanem a gerjesztő áramnak is, tehát ezt is mezőorientálni kell. Következésképpen a gerjesztő áram alapjelét nemcsak a feszültséget szabályozó hurokban állítjuk elő.

Vektoriális szabályozás esetén a feszültség szabályozása az eredő armatúrafluxus változtatásával történik, melynek a szabályozója a vele arányos mágnesezési áramot (i_{ms}^{Ref}) generálja. Azután az I_eC blokkban kiszámoljuk az $\underline{i}_e = i_{ed\lambda s} + j i_{eq\lambda s}$ gerjesztő áram térfázorának a sztátormező-orientált (SzMO) két összetevőjét ($i_{ed\lambda s}^{Ref} - i_{eq\lambda s}^{Ref}$) [1] – [3], [7], [10], [12] – [14], [16], [18], [19]:

$$i_{ed\lambda} = i_{ms} - (1+\sigma_s)\, i_{sd\lambda}\,; \qquad (1)$$

$$i_{eq\lambda} = -(1+\sigma_s)\, i_{sq\lambda}\,, \qquad (2)$$

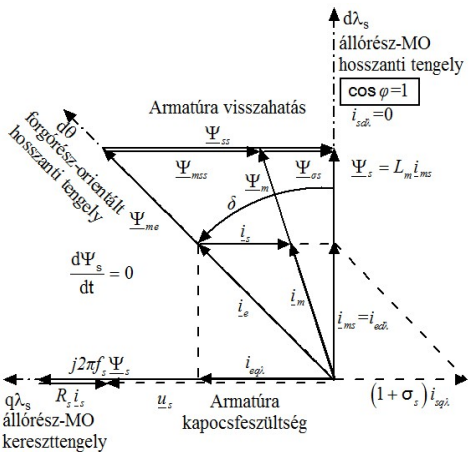
figyelembe véve az armatúraáram SzMO összetevőit ($i_{sd\lambda s} - i_{sq\lambda s}$). Ezek a [D($\lambda_s$)] mátrixszal jelölt CooT koordináta transzformációs blokkból következnek, miután a megmért három fázisáramot ($i_{sa,b,c}$) természetes kétfázisú összetevőkké ($i_{sd,q}$) alakítottuk egy [A] mátrixszal jelölt PhT fázistranszformációs blokk segítségével.

A két egymást követő transzformációt (CooT+PhT) együttesen Park-transzformációnak nevezik, és egy lépésben is el lehet végezni, mint ahogyan a vezérlő ágban is alkalmazást nyert az inverz Park-transzformáció a $[DA(\lambda_s)]^{-1}$ mátrixszal jelölt Park-transzformációs (PhT-CooT) blokkban, ahol a 3F armatúraáram alapjeleit számoljuk.

A Ψ_sC blokkban történik az orientációs fluxus vektoriális identifikációja az armatúra elektromotoros feszültségének az integrálása által. Ez a módszer került implementálásra a kísérleti laboratóriumunkban mind az indukciós motoros hajtás, mind a szinkrongenerátor vektoriálisan szabályozott próbapadján [9], [18], [19].

A szinkronmotoros hajtásnál implementált áram-modell fluxus-identifikáció a GT-SzG-nál is alkalmazható. Előnye, hogy kis számításigényű, és mentes az integrátorok okozta nehézségektől [15].

A **4. ábrán** a GT-SzG TF-diagramját láthatjuk állandó sztátorfluxus (Ψ_s=ct.) és maximális TT (cosφ=1) esetében, amikor az állórészáram (i_s) fázisban van az u_s kapocsfeszültséggel. Látható, hogy ebben az esetben az áram TF-je merőleges a sztátorfluxus TF-re, a sztátoráram reaktív összetevője nulla, és a (2) alapján a gerjesztő áram reaktív összetevője egyenlővé válik az $i_{ms} = \Psi_s/L_m$ mágnesezési árammal. A GT-SzG vektoriális szabályozási struktúrájában az egységnyi TT-t az $i_{sd\lambda s}^{Ref} = 0$ alapjel előírásával valósítjuk meg [14], [16].



4. ábra. *A GT-SzG térfázordiagramja egységnyi TT esetén ÁÁ-ban* [14], [16]

Az EÁH-t tápláló GT-SzG esetében a frekvenciájának és feszültségének kizárólagosan állandó értéken való tartása csak akkor szükséges, ha a generátor kapcsairól közvetlenül ilyen igénnyel rendelkező VÁ-fogyasztókat is táplálunk. Ellenkező esetben az armatúra-kapocsfeszültség alapjelét u_s^{Ref} az EÁH feszültségének előírt értékéből lehet generálni. Az EÁH-ra kapcsolt GT-SzG árama a VÁ-fogyasztók aktív áramától függ. A VÁ-fogyasztók meddő teljesítményének az ingadozása az SzG-t nem érinti, mivel a két VÁ rendszert az EÁ-KK (itt az EÁH) választja szét. A fogyasztó megváltozott meddőteljesítménye módosítja ugyan a VÁ-fogyasztó állórészáram modulusát, így az EÁ-KK-ből szívott EÁ-t is, melynek megnöveli a lüktetését.

5. A rendszer matematikai modellezése

A szimulált rendszer tartalmaz VÁ villamos gépeket (generátort és motorokat), az energiavezérlésre szolgáló sztatikus áramirányítókat (TEK-eket), szabályozási struktúrákat, passzív elemekkel (kondenzátorok, tekercsek) ellátott EÁ- és VÁ-vonalakat, melyek ellenállással is rendelkeznek

5.1. VÁ villamos gépek matematikai modellezésének az elvei

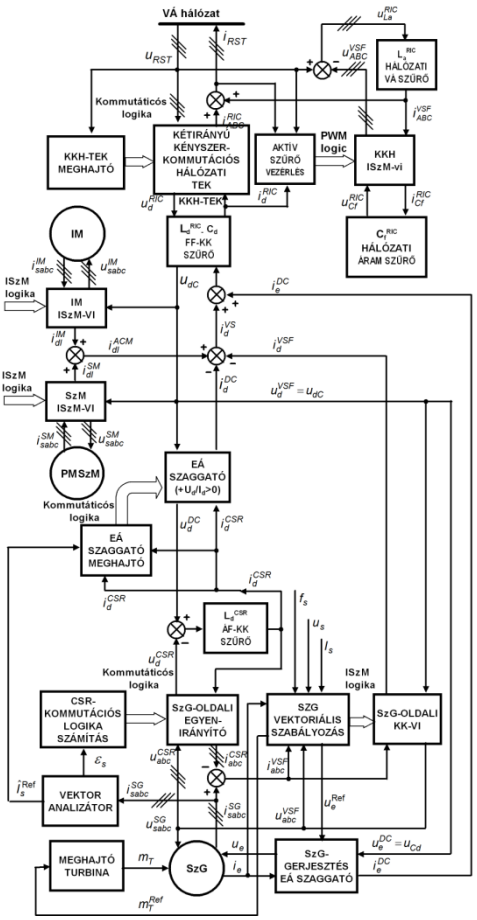
Az elektormechanikai energiaátalakítás egyik lényeges törvénye alapján, ha az energiaáramlás irányát tekintjük, a villamos gépek reverzibilisek. Ez azt jelenti, hogy mind meghajtó motorként, mind generátorként tud üzemelni. A reverzibilis működés feltételéhez hozzátartozik a tengelyen fellépő külső nyomaték jellege: terhelő (reaktív), a gép forgásirányával ellenkező irányú (motor üzemmód) vagy a forgásiránnyal megegyező, meghajtó (aktív) jellegű (generátor üzemmód).

A matematikai modell (MaMo) mindkét üzemmódra felállítható: motor- (M-MaMo), illetve generátormodell (G-MaMo). Mindkét típusú modell képes mindkét üzemmódot imitálni [12], [17]. A VÁ (szinkron és aszinkron) gépek matematikai modellezése ma már kizárólag az úgynevezett „általános egyenletek”-kel (Ált-Egy) végzik. Az alapokat R. H. Park fektette le a múlt század első felében, megalkotva a ma is használatos szinkrongépek MaMo-ját. Mind az M-MaMo, mind a G-MaMo az Ált-Egy-ből származtatható. Az Ált-Egy térfázoros formája egyúttal a mezőorientációs elv és a vektoriális szabályozás alapjait képezi, így kompatibilissé vált a VÁ gépek és szabályozási struktúráinak a modellezése és szimulációja. Az Ált-Egy-ek nagy előnye – azon kívül, hogy érvényes a tranziens jelenségek leírására –, hogy nem tesznek semmiféle kikötést a mennyiségek időbeli változására, ezért alkalmasak nemszinuszos (áramirányítós) 3F-VÁ rendszerek kezelésére. Az Ált-Egy-ek másik jellemző tulajdonsága, hogy a rotor és sztátor MaMo-ja azonos koordináta-rendszerben történik. Az SzG-k Ált-Egy-ei klasszikusan a forgórész irányába orientált komplex síkban vannak értelmezve, az úgynevezett dθ-qθ koordináta-rendszerben, mely tulajdonképpen a forgórész két szimmetriatengelyének felel meg: dθ a hosszanti (d – direkt) tengely, a rotor mágnesezési irányát mutatja, míg az erre merőleges qθ a keresztirányú (q – kvadratúra) tengely (lásd a **4. ábrá**t); θ a rotor villamos elfordulásszöge. A KIM-eket állórészhez rögzített koordináta-rendszerben modelleztük, mert ott avatkozunk be a váltóirányítóval. Matematikai értelemben az M-MaMo jellemzője, hogy a *vezérelhető bemeneti változók* a kapocsfeszültségek (beleértve a frekvenciát is), a *zavaró bemeneti változó* a terhelő nyomaték. *A kimeneti változók*: az elektromágneses nyomaték és a (szög-) sebesség, valamint az áramok. Következésképpen a feszültségegyenleteket és a mozgásegyenletet integrálni kell. A G-MaMo esetében a kapocsfeszültség helyett a bemeneti változók az áramok lesznek (a kapocsfeszültségek helyett), valamint a mozgásegyenletben a külső terhelő nyomaték előjele megváltozik. Következésképpen a feszültségegyenletekben az áramokat deriválni kell [12], [17].

Az **1. ábrá**n szereplő mindhárom villamos gép típust (GT-SzG, KIM, PM-SzM) az M-MaMo-jával szimuláltuk, ugyanis ez felel meg az implementálásra alkalmazott módszernek.

5.2. A teljesítmény-elektronikai áramirányítók modellezése

A TEK-ek modellezési eljárásait úgy választjuk meg, hogy megfeleljen az implementálási módszernek, mely a MATLAB-Simulink® szimulációs környezetben történik. Mint ahogyan az **5. ábrá**n is követhető, minden TEK két bemenettel és két kimenettel rendelkezik [6], [11], [14], [16].



5. ábra. *Az EÁ-hálózat összefoglaló szimulációs tömbvázlata* [14]

Mind az áramok (I), mind a feszültségek (V) számára, van egy bemenet, illetve egy kimenet, valamint egy vezérlőjel-bemenet, mely az ISzM logikának vagy a kapcsolási állapotoknak felel meg. Minden TEK MaMo-ja két alegységből áll: egy I áram-, illetve egy V feszültségszámítási tömbből, melyek közül az egyik fordított irányú számítási modellel rendelkezik az adott TEK topológiai konfigurációjának a függvényében, és melyeket a bemenő vezérlőjel köt össze. Következésképpen két modelltípussal dolgoztunk. *Direkt* struktúrának neveztük azt a MaMo-t, melynél a V-modell EÁ-ból VÁ-ba és az I-modell VÁ-ból EÁ-ba számol. Ez alkalmas minden ISzM-vel vezérelt TEK-nél, ide sorolhatók az FF-jellegű váltóirányítók, egyenirányítók és aktív szűrők, valamint az EÁ-szaggatók is. Az *Inverz* struktúra ennek a fordítottja, ahol a V-modell VÁ-ból EÁ-ba és az I-modell EÁ-ból VÁ-ba számol. Ez megfelel az ÁF-jellegű négyszöghullámmal működő áramirányítónak, azaz a diódás egyenirányítónak (**2 ábra**) és a hálózati KKH-TEK-nek (**1 ábra**).

6. A teljes rendszer numerikus szimulációja

Az **1. ábrán** bemutatott teljes rendszer minden elemének megalkottuk a MaMo-ját, figyelembe véve a **2.** és **3. ábrá**kat. A KIM-es és PM-SzM-es hajtások vektoriális vezérléssel már előző munkáinkban bemutatásra kerültek [8], [10] – [14], [17], [19].

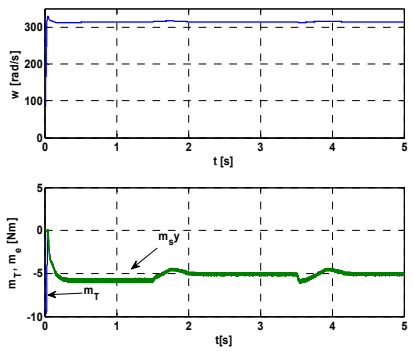
A numerikus szimulációt a jól ismert MATLAB-Simulink® dinamikus szimulációs környezetben végeztük el, mely támogatja a gyakorlati implementációt a dSPACE® cég által kifejlesztett DS1104 típusú, személyi számítógépbe illesztethető vezérlőkártya segítségével, mellyel a próbapadunk el van látva. A szimulációs eredmények a **6–20. ábrá**kon láthatók. A rendszer szimulálását a GT-SzG elindításával kezdtük (a szabályozóknak előírt alapjelek értékei a névlegesek). A termelt ViEn ekkor a VÁ-hálózat felé áramlik. A t = 1s pillanatban egyidejűleg indítunk két PM-SzM-et, majd 0,5 s után indítjuk el a két KIM-et. A t = 3,5s pillanatban mindkét KIM-es hajtást forgásirányváltásra vezéreljük, ami következtében a fékezésekor generált ViEn a hálózat felé irányul, és egységnyi TT-vel a VÁH-ba kerül. A szimulált villamos gépek adatlapján megadott névleges értékek [14], [17] – [19]:

– GT-SzG (U.M.E. Bukarest) szinkron gép: P_N = 0,8 kW, f_N = 50 Hz, U_{sN} = 220 V^{eff}, I_{sN} = 1,52 A^{eff}, n_N = 1500 ford./perc, cos φ

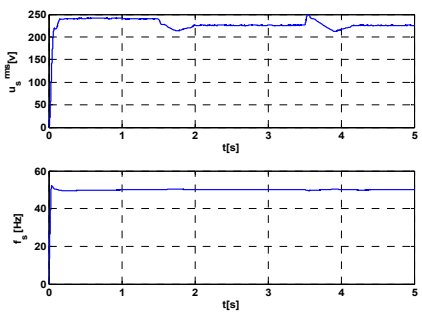
= 0,8 (kapacitív), a gerjesztés U_{eN} = 110 $V^{EÁ}$, I_{eN} = 0,6 $A^{EÁ}$;

– KIM (Siemens) indukciós motor: P_N = 2,2 kW, U_{sN} = 230 V^{eff}, I_{sN} = 4,7 A^{eff}, f_N = 50 Hz, n_N = 1420 ford./perc, cos φ = 0,82, z_p = 3 póluspár;

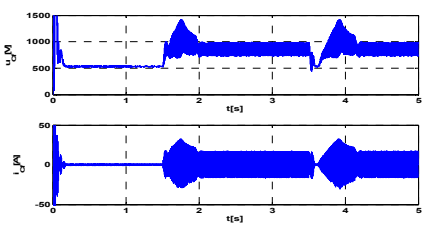
– PM-SzM (Stöber Antriebstechnik GmbH) szinkron motor: P_N = 0,5 kW, U_{sN} = 220 V^{eff}, I_{sN} = 1,6 A^{eff}, f_N = 150 Hz, n_N = 1500 ford./perc, $2z_p$ = 6 pólus.



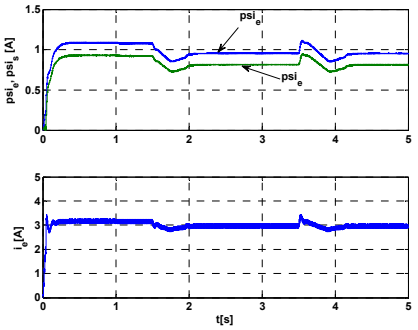
6. ábra. *A GT-SzG szögsebessége (w), elektromágneses nyomatéka (m_e) és a turbina meghajtó nyomatéka (m_T)*



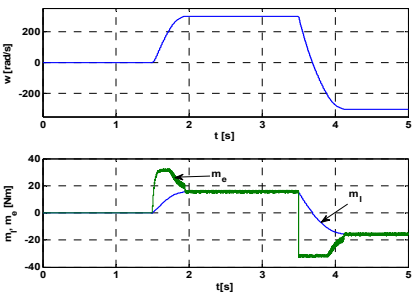
7. ábra. *A GT-SzG armatúrafeszültségének effektív értéke (u_s) és frekvenciája (f_s)*



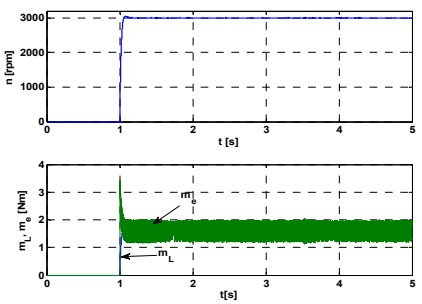
8. ábra. *A VÁH aktív szűrő kondenzátorának feszültsége (u_{Cf}) és árama (i_{Cf})*



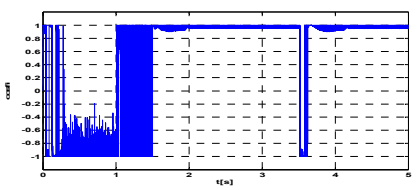
9. ábra. *A GT-SzG gerjesztőárama (i_e), armatúra- (psi_s) és gerjesztőfluxusa (psi_e)*



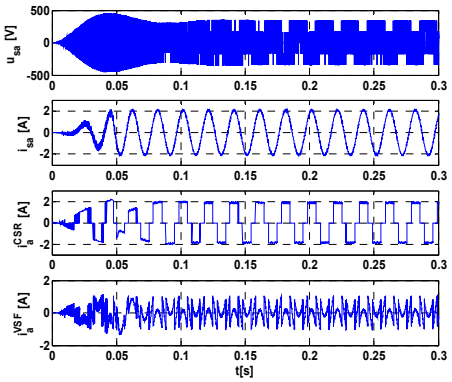
10. ábra. *A KIM indukciós motor szögsebessége (w), elektromágneses nyomatéka (m_e)és terhelőnyomatéka (m_L)*



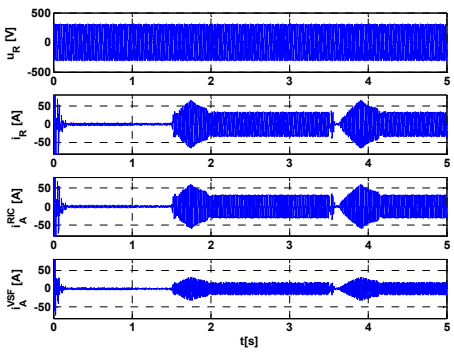
11. ábra. *A PM-SzM fordulatszáma (n), elektromágneses nyomatéka (m_e), és terhelőnyomatéka (m_L)*



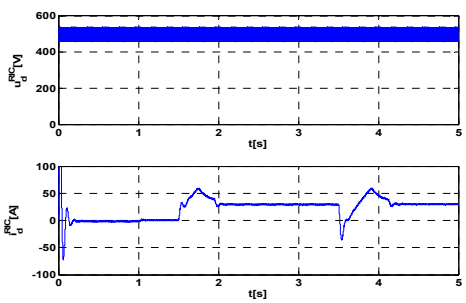
12. ábra. *A KKH-TEK TT-je a VÁ hálózat felé*



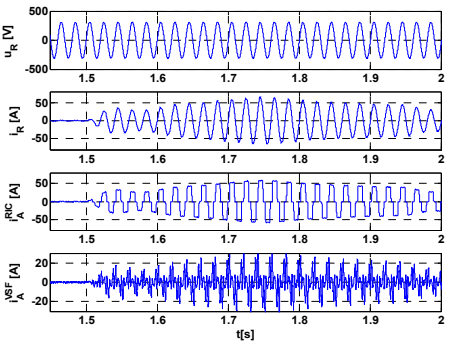
13. ábra. *A GT-SzG "a" fázisfeszültsége (u_{sa}) és árama (i_{sa}), a négyszöghullámú EI árama (i_a^{CSR}) és az ISzM-FFSz árama (i_a^{VSF}) az indítás pillanataiban*



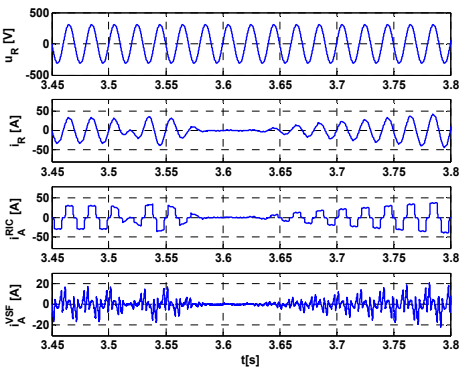
14. ábra. *A VÁH "R" fázisának a feszültsége (u_R) és árama (i_R), a KKH-TEK árama (i_A^{RIC}), illetve az ISzM aktív szűrő árama (i_A^{VSF}) az "A" fázison.*



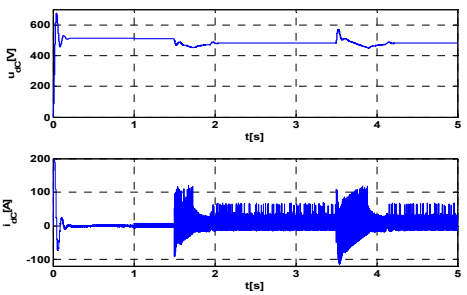
15. ábra. *A hálózati KKH-TEK áramirányító EÁ közbensőkör felé irányuló árama (i_d^{RIC}) és feszültsége (u_d^{RIC})*



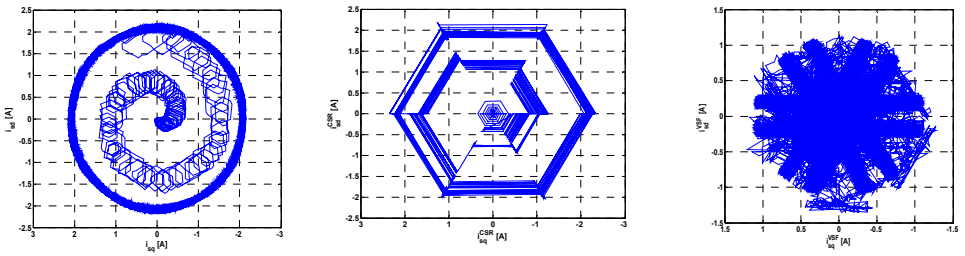
16. ábra. *A VÁH "R" fázisának a feszültsége (u_R) és árama (i_R), a KKH-TEK árama (i_A^{RIC}), illetve az ISzM aktív szűrő árama (i_A^{VSF}) az "A" fázison az indukciós motoros hajtások indításakor*



17. ábra. *A VÁH "R" fázisának a feszültsége (u_R) és árama (i_R), a hálózati KKH-TEK árama (i_A^{RIC}), illetve az ISzM aktív szűrő árama (i_A^{VSF}) az "A" fázison a KIM-ek forgásirányváltásakor.*

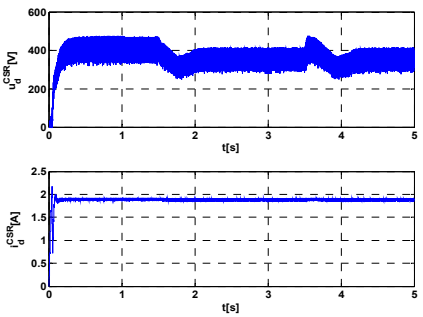


18. ábra. *Az EÁ-hálózat kondenzátorának feszültsége (u_{dC}) és árama (i_{dC}).*



a) A szűrt armatúraáram *b) A négyszöghullámú EI árama* *c) Az ISzM-FFSz szűrő árama*

19. ábra. *A GT-SzG áramainak a térfázordiagramjai*



20. ábra. *Az áramforrás-jellegű EÁ közbenső kör feszültsége (u_d^{CSR}) és árama (i_d^{CSR})*

7. Következtetések

Az egyenárammal gerjesztett nagy teljesítményű szinkrongenerátoroknak a jelenleg alkalmazott jól ismert, klasszikusnak tekinthető szabályozása két, egymástól független hurokban történik: az egyikben a meghajtó turbina teljesítményének a szabályozásával a fordulatszámot, azaz a *frekvenciát* állítják be, míg a másik hurokban a *feszültséget* a gerjesztőáram módosításával érik el. Ez az eljárás *skaláris* jellegűnek tekinthető, mert nem veszi figyelembe a mágneses és villamos mennyiségeket képviselő térfázorok egymáshoz viszonyított pozícióját, ugyanis csak ezek modulusával avatkozik be, nem pedig az összetevőivel, s így figyelmen kívül hagyja a villamos gépben végbemenő bizonyos, a matematikai modelljében fellelhető fizikai jelenségeket. A hajtástechnikából ismert mezőorientáció elvén alapuló *vektoriális* eljárással stabilabb és dinamikusabb szabályozási rendszereket lehet létrehozni a GT-SzG-k számára is, ahol figyelembe vesszük, hogy a gerjesztőáramnak nemcsak meddő energia előállító szerepe van, hanem hozzájárul a nyomatékképzéshez is.

A két szabályozási hurok összekapcsolását a mezőorientált összetevőkkel valósítjuk meg: a mindkét részében keringő áramok (i_s az armatúrában és az i_e a gerjesztésben) térfázorait a gépben létrejövő eredő sztátormező (mely tartalmazza mind a gerjesztést, mind az armatúraáram visszahatását) irányába orientált $d\lambda_s$-$q\lambda_s$ tengelyek által meghatározott komplex síkban bontjuk komponensekre [1] – [3]. A vektoriális szabályozással nemcsak a terhelésben hirtelen beállt változások esetén csökken le a tranziens folyamat időtartama, hanem manapság már a gyors digitális jelfeldolgozásnak köszönhetően egy jól behangolt szabályozási struktúra a gépbe beépített lengéscsillapító tekercs feladatát is meg tudja valós időben oldani. Mivel ezek feleslegessé válnak, olcsóbb (csillapító kalicka/rudak nélküli) szinkrongépet lehet alkalmazni [15], [19].

Az egyenáramú hálózatokat tápláló generátorokat nem szükséges túlgerjeszteni, mint a klasszikus, természetes kommutációjú tirisztoros vezérelt egyenirányító esetén, mert a diódás vagy kényszerkommutációs egyenirányítók gyakorlatilag nem igényelnek meddő energiát, tehát közel maximális teljesítménytényezővel és jobb hatásfokkal működnek [14], [16].

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kelemen Arpad, Imecs Maria: *Metodă şi sistem de reglare automată vectorială a puterii active şi reactive a generatoarelor sincrone*. Brevet de invenție, Romania, Nr. 104278, 30.10.1989.

[2] Kelemen Arpad, Imecs Maria: *Vector control system for frequency and voltage of synchronous generators*. 9th Internat. Conf. on Electrical Machines, ICEM'90, Cambridge, Massachusetts, USA, 1990. 416–421.

[3] Kelemen Árpád, Imecs Mária: *Vetor Control of AC Drives*. Vol. 1, OMIKK Publisher, Budapest, 1991. Vol. 2, Ecriture Publisher, Budapest, 1993. ISBN 963 593 140 9.

[4] Imecs Maria: *Synthesis about pulse modulation methods in electrical drives*. Part 1 and 2, 9th CNAE 1998, Craiova, pp. 19–33.

[5] Imecs Maria: *Open-loop voltage-controlled PWM procedures*. 3rd ELECTROMOTION, 1999. Patras, Greece, Vol. I, 285–290.

[6] Imecs Maria, Szabó Cs., Incze I.I.: *Active power filtering of line and motor currents for AC drives, modelling and simulation.* TEQREP Workshop, Ed. UPB, Printech Press, Bucharest, 2004. pp. 41–48.

[7] Imecs Mária, Incze J. J., Szabó Cs., Ádám T., Szőke Benk Enikő: *Kis és nagy teljesítményű hálózatbarát egyenáramú közbenső-körös frekvenciaváltós hajtások.* V. ENELKO, Kolozsvár 2004, EMT kiadó Kolozsvár, ISBN 973-86852-9-X, 86–96.

[8] Imecs Maria, Trzynadlowski A. M., Incze I. I., Szabó C.: *Vector control structures of the tandem converter fed induction motor*. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 20, no. 2, 2005, 493–501.

[9] Incze J. J., Imecs Mária, Mátis I. Szabó Cs.: *Korszerű kísérleti próbapad szabályozott váltakozóáramú villamos hajtások fejlesztésére.* VI. ENELKO, Kolozsvár 2005, ISSN 973-7840-06-2, 62-68 old.

[10] Imecs Maria, Incze I. I., Szabo Cs.: *Ecological power system with local distribution DC-line for AC-drive consumers*, IFAC Workshop ICPS'07, Cluj-Napoca, 2007, ISBN: 978-973-713-180-5, 71–76.

[11] Imecs Mária, Szabo Cs., Incze I. I.: *Modelling and simulation of controlled bidirectional power electronic converters in a DC energy distribution line with AC grid-and motor-side active filtering*. EPE 2007. Aalborg, CD-ROM, ISBN: 9789075815108/ IEEE Catalog No. 07EX1656C.

[12] Imecs Mária, Incze J. J., Szabó Cs.: *Stator-field oriented control of the synchronous generator: numerical simulation*. 12th IEEE INES 2008, Miami, Florida, USA, ISBN: 978-1-4244-2083-4, IEEE Catalog Number: CFP08IES-CDR, Library of Congress: 2008900450, 93–98.

[13] Imecs Maria, Incze I. I., Szabo Cs.: *Control of the energy flow in a DC distribution line, autonomous synchronous generator and AC grid by means of power electronic converters: modeling and simulation*. 9th ICCC 2008, Sinaia, ISBN 978-973-746-897-0, 255–258.

[14] Imecs Maria, Szabó Cs., Incze I. I.: *Modelling and simulation of a vector controlled synchronous generator supplying a DC energy distribution line coupled to the AC grid*. 19th SPEEDAM 2008**,** Ischia, IEEE Catalog Nr. CFP 0848 A-CDR, ISBN: 978-1-4244-1664-6, Library of Congress: 2007936381, 538–543.

[15] Szabó Cs., Incze J. J., Imecs Mária: *Szinkronmotor fluxusának áram-modellen alapuló identifikációja.* IX. ENELKO, Csíksomlyó 2008, EMT, ISSN 1842-4546, 64–69.

[16] Imecs Mária: *Vector control of the current-excited synchronous generators*. 2nd MACRo 2010, Tg. Mureș SAPIENTIA Univ., Scientia Publishing House, Cluj-Napoca, 2010. ISBN 978-973-1`970-39-4, 143–154.

[17] Imecs Mária, Rus D. C., Szabó Cs., Incze J. J.: *Skalárisan szabályozott szinkron generátor matematikai modelljeinek vizsgálata numerikus szimuláció útján*. XIII. ENELKO Gyulafehérvár 2012, EMT kiadó, Kolozsvár, ISSN: 1842-4546, 90–95.

[18] Rus D. C., Incze I. I., Imecs Maria, Szabo Cs.: *Vector control implementation for a wound-excited synchronous generator neglecting the damping effect*. ELECTROMOTION Journal, Vol. 20, Nr. 1-4, 2013. Cluj-Napoca, ISSN 1223-057X, 178–182.

[19] Imecs Mária, Rus D. C., Szabó Cs., Incze J. J., Szőke sz. Benk Enikő: *Vektoriálisan szabályozott szinkron generátor numerikus szimulációja és implementációja*. XVI. ENELKO, Arad 2015. EMT kiadó, Kolozsvár, ISSN 1842-4546, 63–68.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 93–98. old.
http://hdl.handle.net/10598/29720
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.11

NEMESÍTHETŐ ACÉLOK PLAZMANITRIDÁLÁSA

PLASMA NITRIDING OF TEMPERED STEELS

Kovács Dorina [1], Fábián Enikő Réka [2], Blücher József [3], Dobránszky János [4]

[1, 2, 3] *BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudmány és Technológia Tanszék,*
Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463-1234

[4] *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*
Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463-1934

[1]*kovacsdod@gmail.com*

[2] *fabianr@eik.bme.hu*

[3] *jblucher@verzion.net*

[4] *dobranszky.janos@eik.bme.hu*

Abstract
A plasma-nitriding system was built by plans of professor Blücher at the BME Department of Materials Science and Engineering. The aim of this surface treatment equipment is to produce nitrided layers on different steels. The aim of our research work is to analyze with SEM-EDS and XRD the surface of tempered steel after plasma-nitriding. We made specimens in our laboratory and, for comparing, at an industrial partner in its equipment. Metallographic and hardness testing and microstructural characterization were performed.

Keywords: *plasma-nitriding, tempered steel, metallography, XDR*

Összefoglalás
A BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszékén új plazmanitridáló berendezés és koptatóberendezés kezdte meg működését. A berendezések *Blücher József* professzor tervei alapján készültek. A kutatómunka célja, hogy elsőként nemesíthető acélok, majd ausztenites és duplex korrózióálló acélok kopási tulajdonságait vizsgáljuk a plazmanitridálással létrehozott felületeken. Metallográfiai vizsgálattal, mikrokeménység-méréssel, pásztázó elektronmikroszkóppal és diffraktométeres vizsgálattal elemeztük a felületen kialakult réteg összetételét, vastagságát, keménységét. A mintákat mind ipari, mind laboratóriumi körülmények között plazmanitridáltuk. A vizsgálatok után a különböző technológiai változókkal készült mintákat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a keménységben eltérés nem mutatkozik, kizárólag a réteg vastagsága és a felületen képződött rétegben létrejött fázisok mennyiségében mutatkozik eltérés.

Kulcsszavak: *plazmanitridálás, nemesíthető acélok, metallográfia, röntgendiffrakció*

1. A plazmanitridálásról

A plazmanitridálás során a bejuttatott gáz nagy feszültség és kis nyomás hatására a két elektróda között (anódként kapcsolt munkadarab, katódként kapcsolt kemencefal) ionizálódik. A gáz halmazállapotú atomok gerjesztett állapotba kerülnek, és a legrövidebb úton ütköznek egymással, vala-

mint bombázzák a munkadarabot. Ez a jelenség hőfelszabadulással és fényhatással jár, ezért is nevezik ködfénykisüléssel járó nitridálásnak. A folyamat ~3 torr (400 Pa) nyomáson, 500–520°C-on, 700–800 V egyenfeszültségen megy végbe [1].

Indulásként a gázteret argon-hidrogén keverékkel töltik fel a rendszer átöblítése és a munkadarab tisztítása érdekében. Az ionizálódott atomok bombázzák a felületet, melyet porlasztásnak (angol kifejezéssel, elterjedten 'sputtering'-nek) neveznek. Ez a részfolyamat megtisztítja a felületet a maradt szennyeződésektől, zsírtól vagy oxidoktól, melyek megakadályozhatják a nitrogén diffúzióját. A többlépcsős tisztítási eljárás során nitrogéngázt vezetnek a kamrába. Az ionizáció, azaz a plazma létrejötte után a nitrogénionok bediffundálnak a felületbe, majd nitridet képeznek a vassal [1].

A plazmából beoldódó atomos nitrogén instabil FeN nitridet képez, emiatt tovább bomlik ε- és γ'-fázisra, valamint kialakul az ún. diffúziós (olykor: vegyületi) zóna [1].

$$FeN \rightarrow Fe_2N + N \quad (1)$$
$$Fe_2N \rightarrow Fe_3N + N \ (\varepsilon\text{-fázis}) \quad (2)$$
$$Fe_3N \rightarrow Fe_4N + N \ (\gamma'\text{-fázis}) \quad (3)$$
$$Fe_4N \rightarrow Fe + N \ (\text{Fe/N diffúziós zóna}) \quad (4)$$

A nitridált réteg két részből áll: egy külső, nagyon kemény, ún. vegyületi v. fehér rétegből, amely a plazmanitridálási tényezőktől és a kezelés időintervallumától függően elérheti a 20 μm-es vastagságot is [2], alatta pedig egy kisebb keménységű, kis mennyiségű oldott nitrogént tartalmazó diffúziós réteg található akár 0,6–0,8 mm-es vastagságban [3, 4, 5].

Az eljárással nagy kopásállóságú réteg alakítható ki a munkadarabra, csekély vetemedés és méretváltozás mellett. Az előállított felület utólagos megmunkálást nem igényel. A folyamat egyik legnagyobb előnye a hagyományos nitridálással szemben, hogy jól és könnyen szabályozható.

2. A plazmanitridáló berendezés

A berendezés (**1. ábra**) gázterét egy üvegbura képzi, mely jó demonstrációt és kiváló megfigyelési lehetőséget ad a plazmához. A bura belsejébe a gyors felmelegedés érdekében hőárnyékoló lemezek kerültek. Mindez egy köszörült alaplapon helyezkedik el, melyhez a gáz- és a nagyfeszültségű bevezetések csatlakoznak. A kamra nyomását egy vákuumpumpa biztosítja. A 700-800 V egyenfeszültséget két transzformátor sorba kapcsolásával érjük el.

A feszültség okozta ívkisülés elkerülése érdekében a nagyfeszültségű bevezetést megfelelően el kell szigetelni az áramkörbe nem kapcsolt fémalkatrészektől.

1. ábra. *A saját építésű plazmanitridáló berendezés*

3. Célkitűzések

A kísérletek célja, hogy laboratóriumi és ipari körülmények között elemezzük és összehasonlítsuk a plazmanitridálással előállított kemény réteg tulajdonságait. Ehhez metallográfiai vizsgálat, keménységmérés és

röntgendiffraktométeres (XRD) mérések segítik a munkánkat. A kopástesztekhez építettünk egy koptatóberendezést, mellyel a felületkezelt réteg kopási tulajdonságait vizsgálhatjuk adott terhelés mellett. Távlati célként összevetjük eredményeinket más kutatók kísérleti eredményeivel [6, 7, 8].

4. Kísérletek

Elsőként AISI 4110 típusú, nemesíthető acélok plazmanitridálásával foglalkoztunk. Mind ipari, mind laboratóriumi körülmények között végzett kezelés után megvizsgáltuk a keletkezett kemény réteg felületén kialakult vegyületeket és a rétegvastagságokat. A próbatest méretei mindkét esetben megegyeznek, 12×20×2 mm. Az elemzések keresztcsiszolati mintákon végzett metallográfiai vizsgálattal kezdődnek, majd a mikrokeménység-méréssel, SEM-EDS és XRD-vizsgálattal folytatódnak.

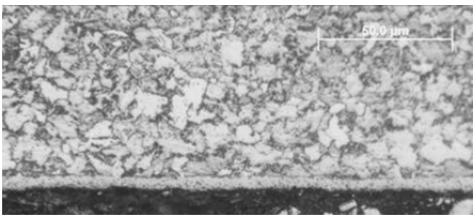
4.1. Ipari minták

A minták 520°C-on, 80% N_2 és 20% H_2 gázkeverék hozzáadása mellett 12, 24 és 40 órás kezelésen estek át (**2. ábra** és **3. ábra**).

A különböző időtartamok a keménységet nem befolyásolják, vagyis a 12 és a 40 órásnál is a rétegek keménysége hasonló. A legkeményebb réteg 1620–1700 HV, az anyag belseje felé haladva pedig fokozatosan csökken. A fehér réteg vastagsága azonban már jelentősebb mértékben változik, amint ezt az **1. táblázat** mutatja.

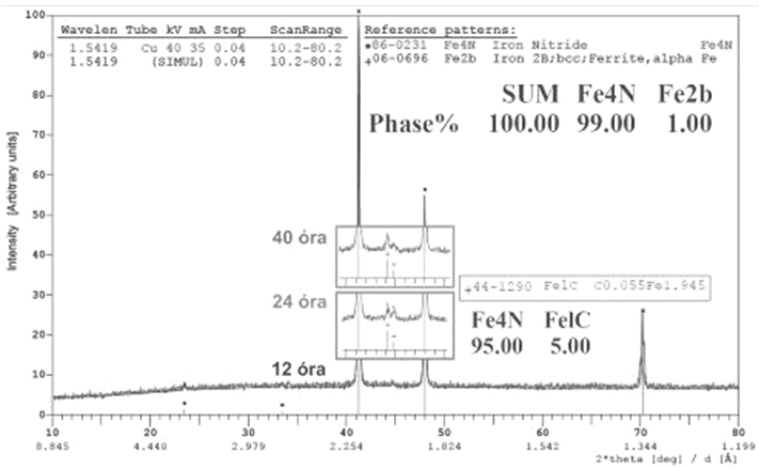
1. táblázat. *A fehér réteg vastagsága különböző időtartamokig plazmanitridált mintáknál*

Időtartam	12 h	24 h	40 h
Rétegvastagság, µm	5,0	6,6	8,9



2. ábra. *A 4110-es acélon 24 órás nitridálással képződő réteg optikai mikroszkópi képe*

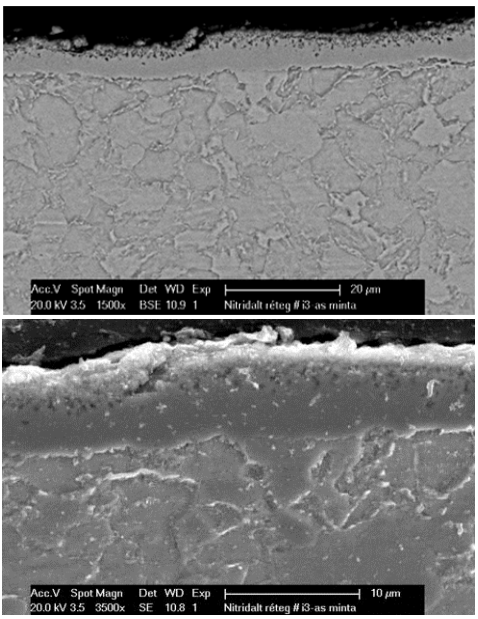
A diffraktométeres vizsgálat Cu-anód használatával történt, és minden minta esetében kimutatta a közel tisztán nitrides felületet. A hosszabb időtartamokon (**4. ábra**) megjelent a 44-1290 referenciájú, „Fe_1C Carbon Iron, C0.055Fe1.945” elnevezésű fázis is.



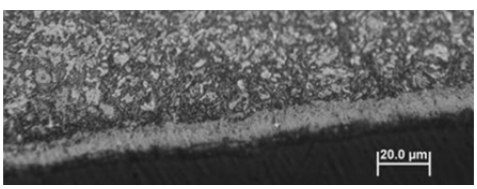
3. ábra. *A diffraktométeres vizsgálat eredménye az ipari mintáknál*

4.2. Laboratóriumi minták

A mintákat 500°C-on 80% N_2 + 20% H_2 gázkeverék hozzáadása mellett, 5 órán keresztül nitridáltuk. A kezdeti tisztítási nehézségek leküzdése után sikerült olyan próbatesteket készíteni, melyeken már jól vizsgálható nitridréteg keletkezett a felületen. Az eddig elkészült minták legnagyobb keménysége megközelítette az 1700 HV-t. A fehér réteg vastagsága meglepő módon már ilyen rövid idő alatt is átlagosan 7 µm körüli (**5–6. ábra**). A fehér réteg keménysége az ipari berendezésben kezeltekével azonos értékeket mutatott (**7. ábra**).



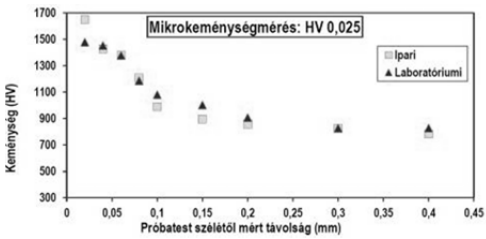
4. ábra. *A 4110-es acélon 5 órás nitridálással kialakult réteg visszaszórtelektron-képe*



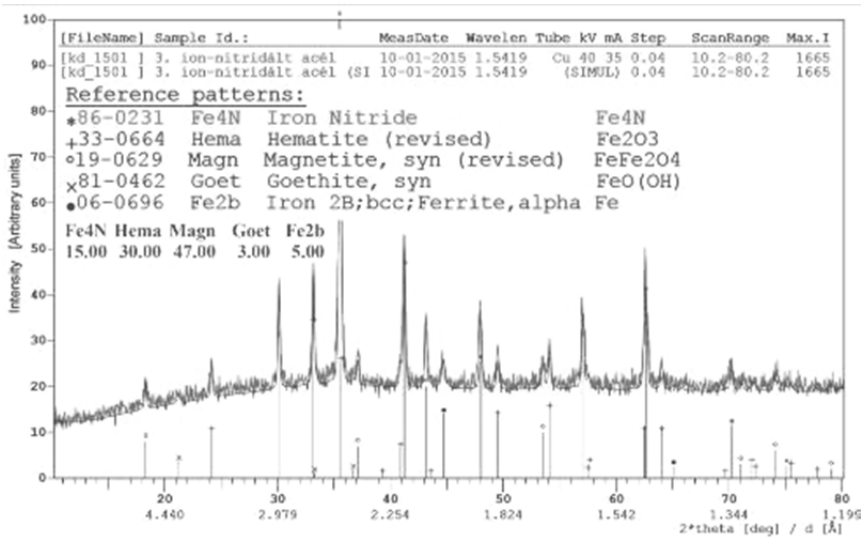
5. ábra. *A 4110-es acélon 5 órás nitridálással képződő réteg optikai mikroszkópi képe*

Az első laboratóriumi mintánkon azonos feltételekkel végzett diffraktométeres mérés azonban eltérést mutatott az ipari mintákhoz képest. Nemcsak vas-nitrid keletkezett a felületen, hanem mellette különböző oxidok is megjelentek (**8. ábra**), amint ez már a minta felületének elszíneződéséből is következtethető volt.

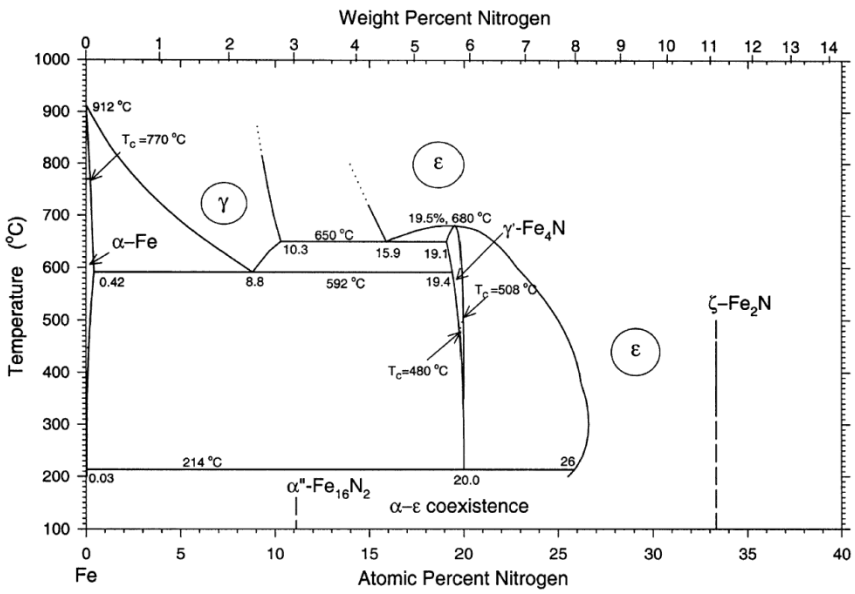
A vákuumrendszer tömörtelenségét az ellenőrzések elvégzésével kizártuk. Nem zárható ki az, hogy a probléma a gázkeverék nem kellő tisztaságából, illetve a gázbevezető csővezetékek tömörtelenségéből adódhat. Nagy eséllyel az argonos öblítési és tisztítási szakasz nem tartott kellő ideig, ezért levegő maradhatott a bura alatt, a benne lévő oxigén szintén a plazmába keveredett, miközben már elkezdtük a minta fűtését. Ezen a munkatér atmoszférájának monitorozásával kívánunk segíteni.



7. ábra. *A keménység összehasonlító diagramja az ipari és a laboratóriumi mintánál*



8. ábra. *Az 5 óra időtartamig a laboratóriumi berendezésben plazmanitridált minta röntgendiffraktogramja*



9. ábra. *A teljes Fe–N fázisdiagram. Forrásmű: Du Marchie van Voorthuysen EH, Chechenin NC, Boerma DO: Low-Temperature Extension of the Lehrer Diagram and the Iron-Nitrogen Phase Diagram. Metallurgical and Materials Transactions A, Volume 33A, August 2002– 2593. oldal*

5. Következtetések

Az eddigi kutatási eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a fehér réteg kialakulása már rövidebb idejű plazmanitridálás során is végbemegy, ugyanolyan keménységű réteget hozva létre, mintha tovább kezelnénk a felületet, a vastagsága azonban nem ugyanolyan, az idő növekedésével a rétegvastagság is növekedik.

A jövőbeli tervek között nemcsak a koptatóvizsgálatok elvégzése szerepel, hanem a plazmanitridáló berendezés továbbfejlesztése is, annak a protokollnak a pontos kidolgozása, mellyel kiküszöbölhetőek a berendezés eddigi tesztelése során felmerült problémák. Emellett nemcsak nemesíthető acélok vizsgálatára fektetjük a hangsúlyt, hanem felvesszük a palettára az ausztenites és a duplex rozsdamentes acélokat is.

6. Köszönetnyilvánítás

A szerzők nagy-nagy köszönetüket fejezik ki mindazoknak a kollégáknak, akik a plazmanitridáló berendezés megépítésében elévülhetetlen segítséget nyújtottak: *Oláh Sándor* úrnak a villamos berendezésekért, *Nyulász Pál* úrnak a vezérlések megépítéséért, *Mátyási Gyulának* a forgácsolási megmunkálásokért, *Ott Róbertnek* a lézersugaras vágásért, valamint a teljes körű gyártási háttértámogatásért a Fogaskerékgyár Kft. vezetőjének, *Kovács Istvánnak*.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pye, D.: *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing*. ASM International, OH, 2003. 71–86.

[2] Edenhofer, B.: *Production ionnitriding.* in: Unterweiser P.M. (szerk.): *Source book of nitriding.* American Society for Metals, Metals Park OH, 1977. 181–187.

[3] Szombatfalvy Á.: *A hőkezelés technológiája*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

[4] Constant, A., Charbonnier, J-C: *Principes de base des traitements thermiques, thermomécaniques et thermochimiques des aciers.* PYC Edition, Paris, 1992.

[5] Marchev, K., Cooper, C. V., Blucher, J. T., Giessen, B. C.: *Conditions for the formation of a martensitic single phase compound layer in ion-nitrided 316L austenitic stainless steel*. Surface and Coatings Technology, 99 (1998) 225–228.

[6] Kuzsella L., Frigyik G., Kocsisné Baán M., Varga Zs., Sávolyi S.: *Plazmanitridálási kísérletek szerszámacélokon.* XXVI. Hőkezelő és anyagtudomány a gyártásban konferencia és szakkiállítás. Balatonfüred, 2014. október 8–10. 246–251.

[7] Godzsák M.: *Braunit vizsgálata.* XXVI. Hőkezelő és anyagtudomány a gyártásban konferencia és szakkiállítás. Balatonfüred, 2014. október 8–10. 218–223.

[8] Juhász Gy.: *Ausztenites korrózióálló acélok nitridálási tapasztalatai*. XXVI. Hőkezelő és anyagtudomány a gyártásban konferencia és szakkiállítás. Balatonfüred, 2014. október 8–10. 123–126.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 99–104. old. DOI: 10.33895/mtk-2016.04.12
http://hdl.handle.net/10598/29721

INNOVATÍV FORGÓDUGATTYÚS GÉPEK

INNOVATIVE ROTARY PISTONS MACHINES

Losonczi Lajos[1,2]

[1]*Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Villamosmérnöki Tanszék, Cím: Románia, Târgu Mureş, Sighişoarei út, 1.C, Telefon: +40-722-352178, levelezési cím: lajos.losonczi@ms.sapientia.ro*

[2]*Lambda Communications SRL, lajos@lambda.ro*

Abstract
The papers refers to a innovative machine with two or more rotating pistons in the form of cylinder sectors mounted in a cylindrical housing, which can be a pump, an air compressors or a volume flow sensor for measuring the volume and the flow of the transferred liquid. Pistons rotate freely around an axis and are equipped with a mechanism that allows the individual or simultaneous coupling of the pistons to a circular grooved disc drive solidly fastened to the axle. The problems that are solved by the developed mechanisms are the following: it completely separates the entry and the exit points, eliminates the need to use valves, eliminates the need for eccentric axes, eliminates the pressure drop, transfers a precisely determined amount of fluid from the entry to the exit points during each rotation cycle, obtains a high pressure, and maintains normal operation even at very low rotation speeds. Further benefits: it has a linear transfer factor (flow/speed of rotation) throughout its variation range, needs a small amount of components, has variable gauge in a wide range (from miniature to very large), has a single rotation axis, high yield and a low-cost price. To achieve good results, specific and particular solutions are needed. In this paper I present those non-conventional solutions that result from the research I carried out in the last several years, and which can be successfully used in the flow technique.

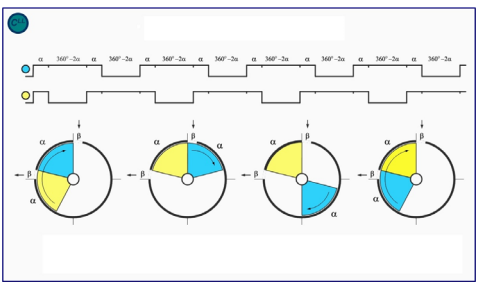
Keywords: *rotary piston, flow technology, multiple piston systems, flowmeter*

Összefoglalás
A dolgozat témája a szerző által feltalált és kifejlesztett innovatív forgódugattyús gépek bemutatása. A dugattyúk egy henger formájú dugattyúházban forognak egy tengely körül, a gépek szerkezetüktől függően működhetnek mint pumpa, szivattyú, kompresszor vagy áramlásmérő, szolgálhatnak a közvetített folyadékok térfogatának illetve sebességének pontos mérésére. A dugattyúk ugyanazon tengely körül forognak, és egy rögzítő mechanizmussal vannak ellátva, amely lehetővé teszi a dugattyúk egyéni, illetve csoportos kapcsolatát egy sajátos fogazatú fogaskerékhez, amely a tengelyhez van rögzítve. A jó eredmények elérése érdekében a kifejlesztett mechanizmusok innovatív megoldások alkalmazását igényelik, és jelentős feladatokat oldanak meg: a be- és kimenetek egymástól való elszigetelése szelepek használata nélkül, pontos és lineáris térfogatátvitel, jó hatásfok kis forgási sebességek esetén is, kevés alkatrész, extrém gyártási méretek, kis gyártási és használati költségek. A dolgozatban ismertetem azokat a nem konvencionális megoldásokat, amelyek az utóbbi évek személyes kutatási eredményeit foglalják össze, és amelyek sikerrel alkalmazhatóak az áramlástechnikában.

Kulcsszavak: *forgódugattyú, áramlástechnika, többdugattyús rendszerek, áramlásmérő*

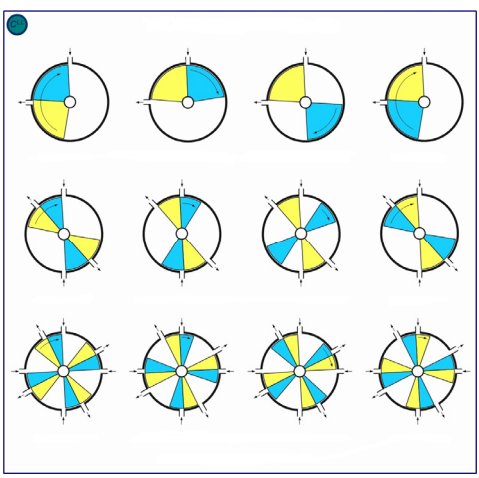
1. Működési elv

A klasszikus – fogaskerék, lamellás, vagy lapátos – forgódugattyús gépekhez képest az általam kifejlesztett és szabadalmaztatott mechanizmus a térfogat ellenőrzött kiszorítása elvén működő gép, amelyben a folyadékot körülhatároló tér térfogata az energiaváltozás folyamán periodikusan változik. A forgómozgást végző dugattyúk egy közös tengely mentén mozognak. Tekintsük az **1. ábrán** bemutatott elvi elrendezést.



1. ábra. *Két forgódugattyú szinkron mozgása*

A körcikk keresztmetszetű két forgódugattyú – kék és sárga színű – közös tengelyen forog ugyanabba az irányba, egy kör keresztmetszetű hengerben. A tengely – egy speciálisan kiképzett fogaskeréken keresztül – szilárdan rögzíthető a mozgásban levő dugattyúkhoz. A henger falán egy beömlő és egy kiömlő nyílás van kiképezve. A két nyílás szögtávolsága (a) megegyezik a körcikk keresztmetszetű dugattyúk szögtávolságával. Egy speciális mechanizmus érzékeli, amikor a dugattyúk a két nyílás közé kerülnek, és mindig leválasztja a tengelyről, illetve rögzíti a hengerhez a hátulsó dugattyút a két nyílás között. Az első dugattyú továbbhalad a tengellyel, és ezáltal szívó hatás keletkezik a beömlő nyílás felé a két dugattyú között növekvő rés miatt. A rés addig nő, amíg az első dugattyú utoléri a hátulsó dugattyút, helyet cserélve így egymással. Ebben a pillanatban a hátulról érkező dugattyú elcsúsztatja az előtte levő dugattyú rögzítő mechanizmusát, és visszacsatolja őt a forgó tengelyre. A két dugattyú együtt forog, ameddig a záró mechanizmus rögzíti a hátulsó dugattyút a két nyílás között, ezután az elöl levő dugattyú továbbhalad a tengellyel. A folyamat megismétlődik, a két dugattyú között képződő rés szívó hatást kelt a beömlő nyílás felé, csak most már a két dugattyú helyzete felcserélődött. A folyamat periodikus, szabályosan ismétlődik a forgómozgás ütemére. A szívó hatással egy időben a két dugattyú túlsó oldalai közötti rés egyre szűkül, ezáltal nyomó hatást gyakorolva a kiömlőnyílás felé. Egy teljes fordulat alatt beömlő folyadék térfogata egyenlő a két dugattyú közötti maximális nyílás térfogatával, és megegyezik az azonos idő alatt kiömlő folyadék térfogatával. Az átvitel arányos a fordulatszámmal extrém forgási sebességek esetén is. Nagy sebességek esetén a dugattyú forgását egyenletesebbé teszi, ha két- vagy többszárnyas dugattyúkat alkalmazunk, ahogy a **2. ábra** szemlélteti.

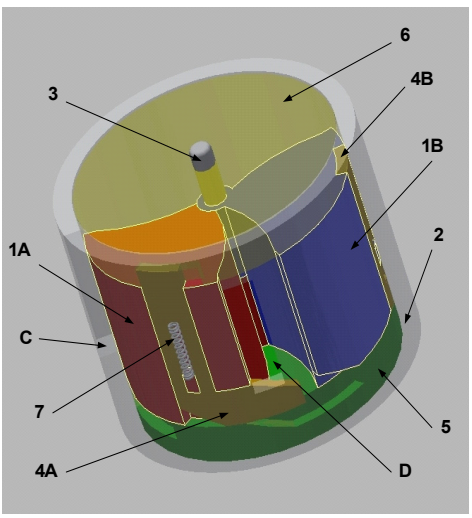


2. ábra. *Két, többszárnyas forgódugattyú szinkron mozgása*

Gondos méretezéssel és pontos anyagmegmunkálással, esetleg tömítési eljárások alkalmazásával nagyon pontos térfogatátvitelt lehet elérni, akár nagyon kis, zéróhoz közeli forgási sebesség esetén is.

2. Gyakorlati megoldás

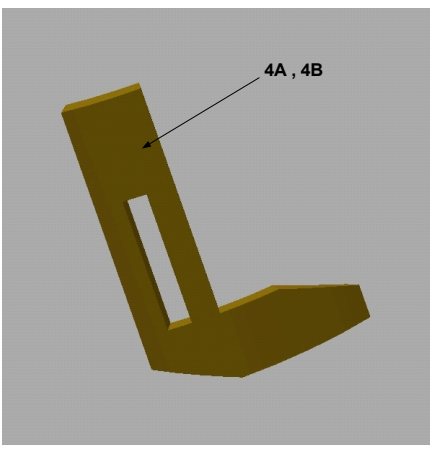
A **3. ábra** a bemutatott elvi működési modell egy gyakorlatilag megvalósítható mechanizmusát szemlélteti [1].



3. ábra. *Két-forgódugattyús gép mechanizmusa*

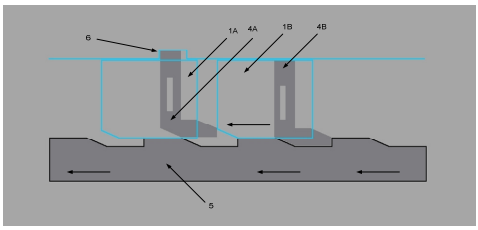
A bemutatott struktúra két forgódugattyúval (1A és 1B) rendelkezik, melyek a (3) tengellyel együtt forognak a (2) hengerben. A dugattyúk egy-egy azonos retesszel vannak ellátva (4A és 4B), amelyek lehetővé teszik a dugattyúk csatlakozását (rögzítését) egy megfelelő fogazattal ellátott koronghoz (5), amely permanens módon rögzítve van a tengelyhez. A hengerhez rögzített fedőlap (6) egy bemélyedéssel van ellátva, amelynek a helyzete pontosan meghatározott a hengeren képezett beömlő- (C), illetve kiömlő- (D) nyíláshoz képest. Megfigyelhető, hogy a mozgó alkatrészek mindenike forgó mozgást végezhet a (3) tengely körül. Ezenkívül a két retesz egy transzlációs mozgást is végezhet a tengely mentén egy rugó (7) hatására, amely a retesz és a dugattyú közé van szerelve a **3. ábrán** látható módon. A rugó felfelé nyomja a reteszt, de a dugattyúk forgása közben a henger fedőlapja nem engedi elmozdulni a reteszeket az alsó helyzetükből. A reteszek alsó fele beilleszkedik az (5) korongon kiképezett nyílásokba. Ezáltal a dugattyúk a koronghoz vannak rögzítve, és együtt forognak a koronggal, tehát a (3) tengellyel is. Abban a pillanatban, amikor a dugattyú retesze a fedőlappba vágott mélyedéssel egy vonalba ér, a rugó felnyomja a reteszt, a rögzített kapcsolat megszakad az illető dugattyú és a fogas korong között, tehát a dugattyú leválik a tengelyről, és a fedőlaphoz, vagyis a hengerhez rögzül.

A reteszek sajátos formája miatt, ahogyan azt a **4. ábra** mutatja, abban az esetben, ha a két dugattyú együtt forog, a hátsó dugattyú megakadályozza, hogy az előtte levő dugattyú retesze a fedőlap mélyedésébe ugorjon, sőt az előtte levő dugattyú reteszét kiemeli a rögzített helyzetéből, ha az forgás közben utoléri a mozdulatlan dugattyút.



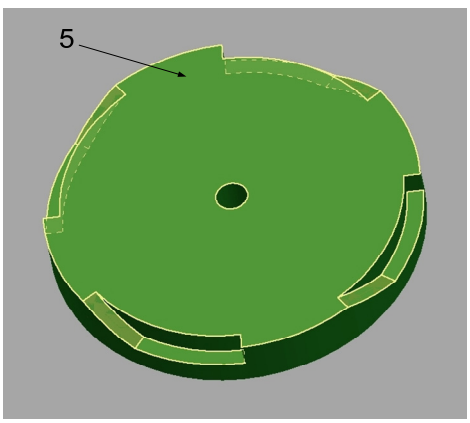
4. ábra. *A reteszek sajátos formája*

Ezt a folyamatot jól szemlélteti az **5. ábrán** bemutatott mozgásszinkronizációs modell. Ha jól van kiszámítva a nyílások helyzete, akkor a mozdulatlan dugattyú pontosan a ki- és beömlőnyílás között helyezkedik el.



5. ábra. *Reteszelt dugattyúk mozgásszinkronizálása*

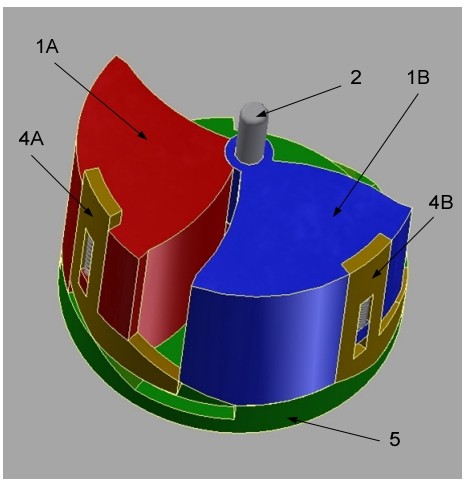
A **6. ábra** szemlélteti a fogazott korong formáját. A bemélyedések helyzetét és formáját pontosan kell kiszámolni a tökéletes szinkronizáció érdekében.



6. ábra. *Az alkalmazott fogaskorong formája szárny nélküli dugattyúk esetén*

A bemutatott gép működése a dugattyúk, a henger és a fogaskorong által meghatározott változó térfogatú üregek feltöltésén és kiüresítésén alapszik.

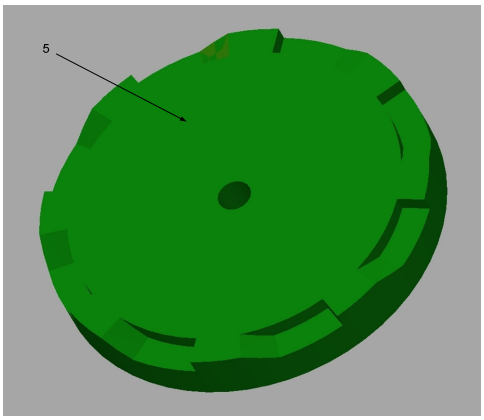
A szívóütem akkor kezdődik, amikor az egyik dugattyú rögzül a hengerhez a két nyílás között, és az előtte levő dugattyú folytatja a tengelyhez rögzített forgómozgását. Ugyanebben a fázisban kezdődik a nyomóütem is, amelyik az előző ciklusban beszívott és a két dugattyú által közrezárt anyagot nyomja ki a kiömlőnyíláson. A mozgásban levő dugattyú tehát ugyanabban az ütemben szív is és nyom is. Amikor a mozgásban levő dugattyú utoléri az álló dugattyút, befejeződik a kettős munkaütem, és a két dugattyú együtt mozdul el, mintegy helycserét végezve. A hátsó dugattyú rögzülésével kezdődik a következő ciklus, amely ugyanúgy történik, mint az előző, csak most már a két dugattyú helyet cserélt (**7. ábra**).



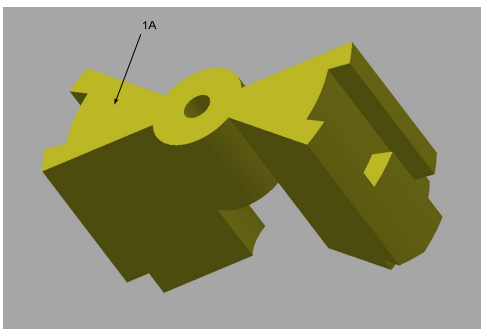
7. ábra. *Reteszelt dugattyúk mozgása*

Abban az esetben, ha szárnyas dugattyúkat alkalmazunk, a reteszek formája nem, viszont a fogaskorong elrendezése módosul.

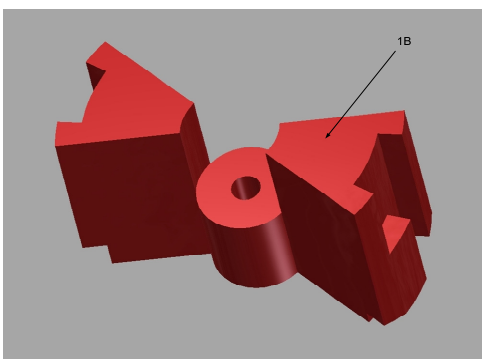
A **8. ábra** egy fogaskorong alakját szemlélteti, két duplaszárnyas dugattyú alkalmazása esetén (**9.a** és **9.b ábra**). Megfigyelhető, hogy a fogak száma megduplázódott, és méretük is módosult, hogy a mozgás szinkronizációjához szükséges kellő számú bemélyedés elférjen a korong peremén.



8. ábra. *Az alkalmazott fogaskorong formája duplaszárnyas dugattyúk esetén*

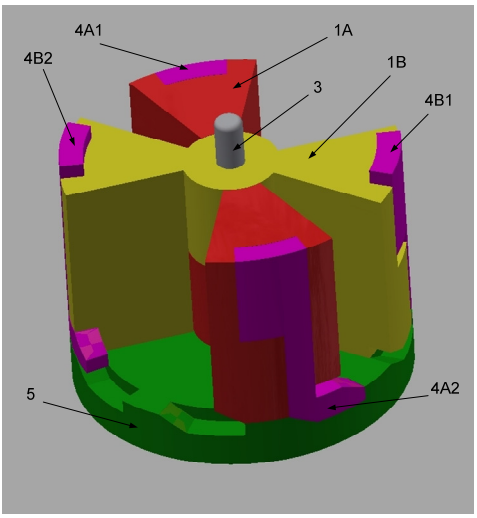


9.a ábra. *Duplaszárnyas forgódugattyú*

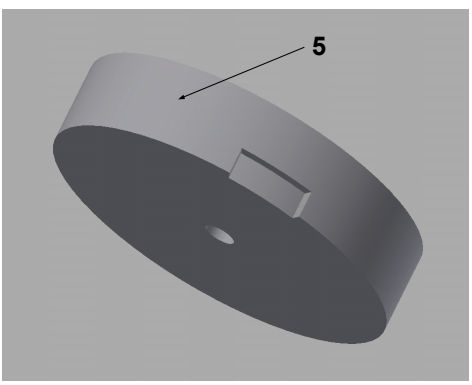


9.b ábra. *Duplaszárnyas forgódugattyú*

Természetesen a hengeren alkalmazott nyílásokat is meg kell duplázni a helyes működés érdekében. A **10. ábrán** megfigyelhető, hogy egy ciklus alatt átvitt anyag térfogata nem változik a szárny nélküli dugattyús megoldáshoz képest, csak az anyag mennyisége fele-fele arányban megoszlik a két kiömlőnyílás között, és a dugattyúkra nehezedő nyomás is egyenletesebben van elosztva.



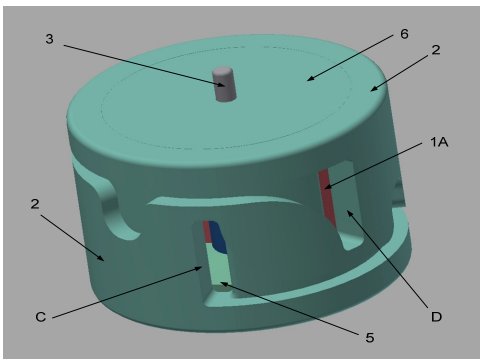
10. ábra. *Duplaszárnyas forgódugattyús gép mechanizmusa*



11. ábra. *A hengerfedő formája*

A **11. ábra** a hengerfedőn kialakított bemélyedés formáját szemlélteti.

Végül a **12. ábra** egy összeszerelt duplaszárnyas forgódugattyús gépet mutat, amelyen jól látható a ki- és beömlőnyílások helyzete és elrendezése.



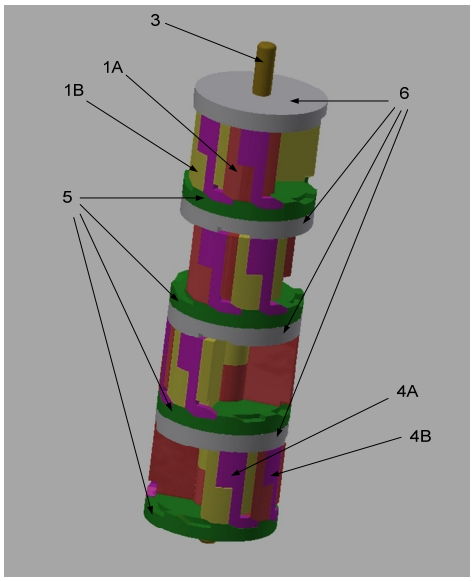
12. ábra. *Duplaszárnyas forgódugattyús gép összeszerelve*

A bemutatott mechanizmus működési ciklusa két ütemet tartalmaz:

– munkavégző ütem: amikor csak az egyik dugattyú forog;
– eltolás (helycsere): amikor a két dugattyú együtt mozog, és a közrezárt térfogat tartalma eltolódik.

Mivel a munkavégző fázisban történik mindkét munkavégző ütem – beszívás és kinyomás –, látható, hogy míg a munkavégző ütemben az anyagáramlás egyenletes és arányos a tengely forgási sebességével, az eltoló ütemben az anyagáramlás szünetel. Az anyagáramlás lüktetése teljesen megszüntethető, ha több, a **12. ábrán** bemutatott mechanizmust szerelünk ugyanarra a tengelyre, csak megfelelő szögben elfordítva, ahogy azt a **13. ábra** szemlélteti.

Ha az eltolási ütem forgási szöge egész számú többszöröse a körnek (360°), és ez a szám (N) megegyezik az alkalmazott mechanizmusok számával, akkor a mechanizmusok tengely szerinti fáziseltolásával egy olyan elrendezést kapunk, amelyben minden időpontban N−1 mechanizmus dolgozik (munkavégző ütemben vannak), és egy mechanizmus dugattyúi éppen helyet cserélnek (eltoló ütemben van). A rendszer hatásfoka (N−1)/N, viszont az anyagátvitel egyenletessé válik.



13. ábra. *Több-forgódugattyús gép egy tengelyen, fáziselfordítással elhelyezve*

3. Következtetés

Az említett előnyöknek köszönhetően a bemutatott mechanizmus jelentős sikerrel alkalmazható mint áramlásmérő, mint munkagép, valamint kis módosításokkal mint erőgép, számos alkalmazási területen, mint: gépipar, mezőgazdaság, vegyi- és kitermelőipar, autógyártás, orvosi technika, hadiipar, környezetvédelem, valamint a mindennapi élet sok más területén.

Szakirodalmi hivatkozás

[1] Losonczi, L.: *Maşină rotativă, cu două pistoane,* Brevet de Invenție, OSIM A201300624, 2015.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 105–114 old.
http://hdl.handle.net/10598/29722
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.13

ARKHIMÉDÉSZ-FÉLE SPIRÁLIS FOGIRÁNYVONALÚ FOGASKERÉK MARÓFEJ-BETÉTKÉSEK HÁTRA-MUNKÁLÁSA

ABOUT THE ARCHIMEDEAN CYLINDRICAL GEAR'S MILLING HEAD INSERT RELIEVING

Máté Márton[1], Gyéresi Hunor András[2]

[1]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 540485, Románia, Marosvásárhely, Segesvári út 1C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, mmate@ms.sapientia.ro*

[2] *Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 540485, Románia, Marosvásárhely, Segesvári út 1C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211,, gyeresihunor@hotmail.com*

Abstract
The milling head used for meshing the Archimedean spiral toothline cylindrical gears presents a significant constructive similarity with the Öerlikon type bevel gear cutting heads. Due to the consistent deviation of the effective cutting velocity vector from the direction of the main cutting velocity, traditional round grinding of the relief faces leads to insufficient side relief angle values. In order to improve the geometry the tooth by tooth relieving with radial feed is proposed. This paper presents the conditions of the relieving operation, the mathematical model, the computing of the profile error and the optimal settings. It is also proved that classical re-grinding of the rake face leads to increasing of the profile error of the cutting edge,

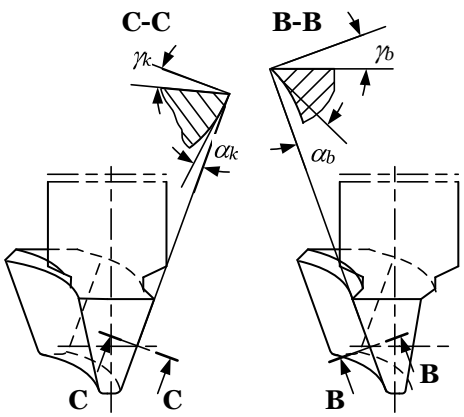
Keywords: *relieving, insert cutter, cylindrical surface, profile error, optimizing.*

Összefoglalás
Az Arkhimédész-féle spirális fogívvonalú hengeres fogaskerekek lefejtő marófeje felépítésében hasonlít az Öerlikon-féle, eloid fogaskerekeket megmunkáló marófejhez. A lefejtés során a fő forgácsoló-, illetve a működő forgácsoló sebességirányai annyira eltérnek egymástól, hogy a hagyományos, kúppalást szerinti hátraköszörülés nem vezet kielégítő működő oldalhátszög-értékekre. A geometria javítása céljából a beszúró hátraköszörülést javasoljuk. A dolgozatban a megmunkálás feltételeit, a matematikai modellt, a profilhiba számítását és az optimális beállítást mutatjuk be. Kimutatjuk, hogy a szerszám hagyományos újraélezése a profilhiba növekedéséhez vezet.

Kulcsszavak: *hátramunkálás, betétkés, hengerfelület, profilhiba, optimalizálás*

1. Az Arkhimédész-féle spirális fogvonalú fogazat alapjai

Az Arkhimédész-féle spirális fogirányvonalú hengeres fogaskerékpárt Olivier első elve alapján [7,8] képezzük [1]. Ennek értelmében a hajtópár mindkét elemét ugyanazzal a léccel fejtjük le. A léc fogfelülete Arkhimédész-féle spirális vezérgörbéjű, egyenes alkotójú, α_0 profilszögű, egyenlő szárú trapéz keresztmetszetű felület. A lécet megvalósító fogazó marófej betétkései Arkhimédész-féle spirálisra illeszkednek. A marófej elfordulásával ennek tengelyszelvényében létrejön a mozgó, egyenes profilú fogasléc [1].



1. ábra. *A külső és belső kés konstruktív elemei*

A teljes fogmagasságú lefejtés a beszúró [1, 2] vagy a tangenciális előtolás alkalmazásával [3] valósítható meg. A tangenciális előtolással való lefejtés termelékenysége a beszúró eljárásénál jóval nagyobb, ezenkívül a hordkép lokalizációjára sokkal több beállítási lehetőséget kínál.

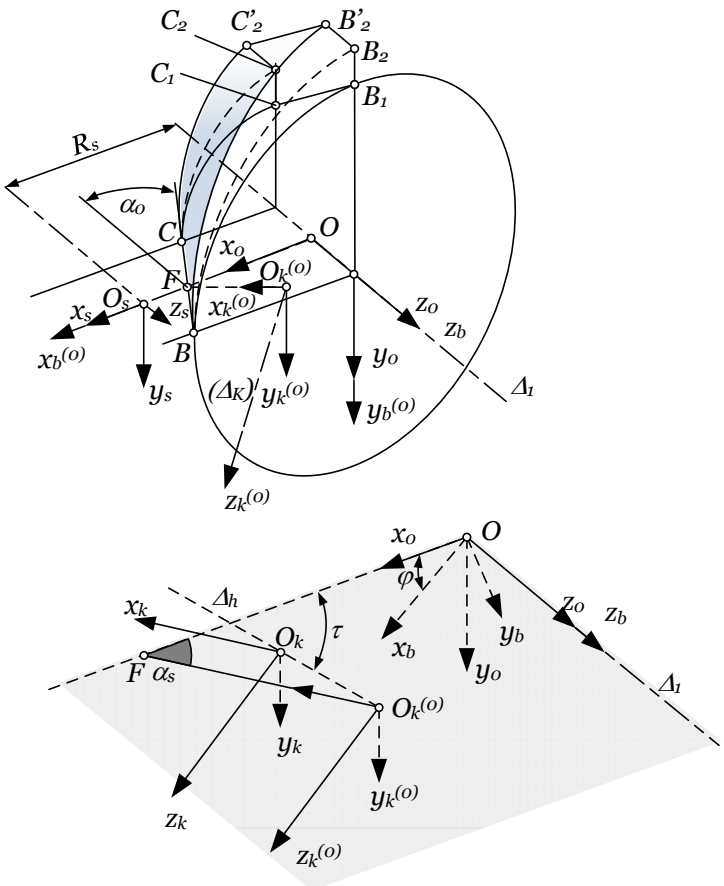
Akár radiális, akár tangenciális eljárásról legyen szó, a betétkések azonos felépítésűek (**1. ábra**). Bár a fogazott kerékhez viszonyított relatív mozgásuk is hasonló, a tangenciális előtolással fogazó marófej késeinek működő élgeometriája lényegesen különbözik a konstruktív élgeometriától.

Ez a Z_0-szor nagyobb körkörös előtolásnak tulajdonítható, ahol $Z_0 \in \{3; 5\}$ a marófej késcsoportjainak száma. Ez a helyzet nem áll fenn a radiális előtolással dolgozó marófej betétkéseinél, így a hátfelületek egyszerű körköszörüléssel kialakíthatók. Ha azonban nagyobb a fogazott alkatrész körkörös előtolása, akkor a hagyományos módon körbeköszörült kés oldalhátszögei nem elegendőek [5,6].

Az oldalhátszögek megfelelő értékét hátraköszörüléssel érjük el. A hátraeszterga főorsójába szerelt köszörűkészülék biztosítja a betétkéseknek a szerszámfejbeli tájolással azonos tájolását.

A betétkés-szár hasáb alakú, ennek éle a marófej tengelyével párhuzamos. A feltételezett, ideális szerszámél egyenes, a marófej tengelysíkjába illeszkedik, és ennek forgástengelyével az α_0 profilszöget zárja. A homlokfelület sík, amely a marófej tengelysíkhoz képest a $\gamma_i, i \in \{k; b\}$ homlokszöggel döntött; *k* a külső, míg *b* a belső kést jelöli.

A betétkések újraélezése a homlokfelületen történik a befogókészülék megfelelő elforgatásával. Ha nem alkalmazunk semmilyen helyzetkorrekciót, akkor a megújuló homloksíkok a készülék tengelye körüli elforgatással jönnek létre. Célunk a fent ismertetett feltételek mellett tanulmá-



2. ábra. *A betétkés helyzete a készülékben és az alkalmazott koordináta-rendszerek*

nyozni a megfelelő mértékű hátszög létrehozásának lehetőségét, illetve az utánélezések következményeként jelentkező profiltorzulást.

2. A hátramunkálás beállítási paraméterei

A geometriai modellt a belső betétkés élezésére sajátosítottuk. A hátfelületet, és az alkalmazott koordináta-rendszereket a **2. ábrán** szemléltettük. A hátfelület a ferde irányú hátramunkálással létrehozott, árnyaltan kiemelt, $CB\dot{B}_2'C_2'$, kúpos csavarfelület. Az ábra kiemelten szemlélteti a B és C pontok ferde hátramunkálás során történő elmozdulásának radiális, $B_1B_2 \equiv C_1C_2$, illetve tengelyirányú, $B_2\dot{B}_2' \equiv C_2C_2'$ összetevőit. O_s-sel jelöljük a késhez tartozó fogasléc-fogprofil középpontját, melyre értelemszerűen az osztóvonali fogvastagság felezőpontját jelöljük ki. F az osztóvonalon illeszkedő élpont, BC pedig az elméleti él. A kés O_s referenciapontja R_s távolságra illeszkedik a készülék forgástengelyétől. Ez a távolság beállítási méret, amely általában különbözik a betétkés szerszámfejben elfoglalt helyzetét meghatározó távolságtól. A köszörűkorong Δ_k tengelye α_s szöget

zár a fogaslécprofil tengelyével, tehát a Δ_b készülék-forgástengellyel is. A **2. ábra** alsó vázlatán az alkalmazott koordináta-rendszereket tüntettük fel. Ezek a következők:

- $S_0 \equiv (x_0 y_0 z_0)$, a gépállványhoz kötött;
- $S_b \equiv (x_b y_b z_b)$, a készülékhez kötött;
- $S_s \equiv (x_s y_s z_s)$, a betétkéshez kötött;
- $S_k \equiv (x_k y_k z_k)$, a köszörűkoronghoz kötött.

A köszörűkorong τ szög alatt végzi a ferde irányú behatolást, míg a készülék a $z_b \equiv \Delta_1$ tengely körül forog.

A mozgás során a köszörűkorong a betétkés koordináta-rendszerében hengerfelület-sereget generál, melynek felírásához az S_k rendszerből az S_s rendszerbe való áttérés

$$\underline{\mathbf{r}}_s = \mathbf{M}_{sb}\,\mathbf{M}_{b0}\,\mathbf{M}_{0k}\,\underline{\mathbf{r}}_k \qquad (1)$$

mátrixegyenletét használjuk, ahol:

$$\mathbf{M}_{sb} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -R_s \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (2)$$

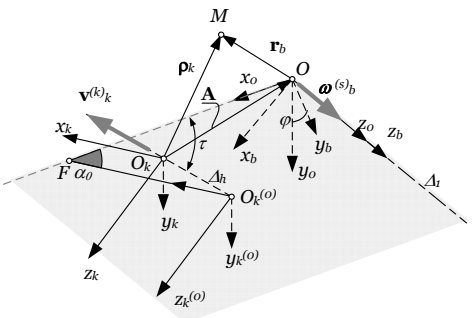
$$\mathbf{M}_{b0} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 & 0 \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (3)$$

$$\mathbf{M}_{0k} = \begin{pmatrix} \cos\alpha_s & 0 & \sin\alpha_s & x_0^{(O_k)} \\ 0 & 1 & 0 & y_0^{(O_k)} \\ -\sin\alpha_s & 0 & \cos\alpha_s & z_0^{(O_k)} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (4)$$

Az S_k rendszer origójának helyzetét az álló rendszerben a hátramunkálás paraméterei és az elfordulás φ paramétere határozzák meg. A **2. ábra** alapján felírhatjuk, hogy

$$\begin{pmatrix} x_0^{(O_k)} \\ y_0^{(O_k)} \\ z_0^{(O_k)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_s - a - R_k \cos\alpha_s + \lambda\varphi\cos\tau \\ 0 \\ R_k \sin\alpha_s - \lambda\varphi\sin\tau \end{pmatrix} \qquad (5)$$

ahol a az osztóvonali fogvastagság fele, R_k a köszörűkorong sugara és λ a hátramunkálás egységnyi szögelfordulásra számított paramétere.



3. ábra. *A relatív sebességek felírása*

3. A betétkés dolgozó részének kialakítása

3.1. A hátfelület egyenlete

A szerszám hátfelületét ferde irányú hátraköszörüléssel, a köszörűkorong által létrehozott felületsereg burkolójaként hozzuk létre. A felületsereg egyenleteit az (1) egyenletből, a (2,3,4) mátrixok behelyettesítéséből, valamint a hengerfelület

$$\underline{\mathbf{r}}_k(u,\xi) = \begin{pmatrix} R_k\cos\xi & R_k\sin\xi & u \end{pmatrix}^T \qquad (6)$$

parametrikus koordináta-függvényeiből kapjuk a kapcsolódási egyenlet megoldásával. A kapcsolódási egyenletet a **3. ábrán** feltüntetett sebességviszonyok alapján írjuk fel. A köszörűkorong a τ szöggel meghatározott irányban $v = \omega\lambda$ sebességgel mozog, míg a szerszámtartó készülék ω szögsebességgel a $z_b \equiv \Delta_1$ tengely körül forog.

A köszörűkorong tetszőleges M pontjának a betétkéshez rögzített, ezzel adott időpillanatban egybeeső helyzetű pontjához viszonyított relatív sebességvektora a készülék rendszerében a következő (**3. ábra**):

$$\mathbf{v}_k^{(k,s)} = \mathbf{v}_k^{(k)} - \boldsymbol{\omega}_{O_b}^{(b)} \times \mathbf{r}_b \qquad (7)$$

A (7) egyenletben szereplő vektorokat az S_k rendszerbe felírva [7,8] a

$$\mathbf{v}_k^{(k,s)} = \mathbf{v}_k^{(k)} - \boldsymbol{\omega}_{O_k}^{(b)} \times \boldsymbol{\rho}_k - \mathbf{A} \times \boldsymbol{\omega}_{O_k}^{(b)} \qquad (8)$$

egyenlethez jutunk. A köszörűkorong felületének $\underline{\mathbf{n}}_k(\xi) = (\cos\xi \quad \sin\xi \quad 0)^T$ normálvektorával felírt kapcsolódási egyenlet [7,8] a köszörűkorong ξ paraméterére megoldható:

$$\operatorname{tg}\xi(u,\varphi) = \frac{\lambda\cos(\tau - \alpha_s)}{E(u,\varphi)}$$
$$E(u,\varphi) = R_s - a - R_k\cos\alpha_s + \lambda\varphi\cos\tau + u\sin\alpha_s \qquad (9)$$

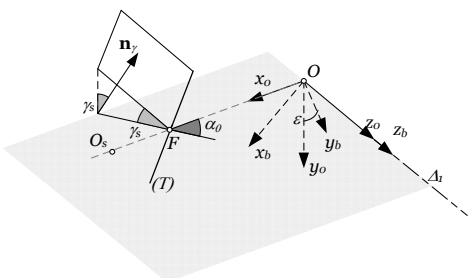
A fentebb kapott $\xi = \xi(u,\varphi)$ függvényt behelyettesítve a (6) hengerfelület-koordináta-függvényekbe, a φ paraméter rögzített értékére, a pillanatnyi érintkezési görbe helyzetét kapjuk a köszörűkorongon. A hátfelület parametrikus egyenleteit az (1) mátrixegyenletből nyerjük, ha a ξ paraméter helyett a (9) függvényt írjuk.

3.2. A homlokfelület egyenlete

A homlokfelület egyenletét célszerű implicit alakban keresni. Feltételezzük, hogy az új homlokfelület a T elméleti profil osztóvonali F pontját tartalmazza, a készülék tengelysíkjához képest pedig γ_s beállítási homlokszöggel döntött (**4. ábra**). Az új szerszám homlokfelülete az ábrán látható helyzetben található. Az újraélezés úgy történik, hogy a homlokfelületet a készülék tengelye körül fordítjuk el a kopásnak megfelelő ε szöggel. Az élkoordináták könnyebb számítására célszerű a homlok- és hátfelületek metszetét a készülékhez kötött S_b rendszerben tárgyalni. A homlokfelületet az álló rendszerben írjuk fel először, majd az $\mathbf{M}_{0b}$ mátrix segítségével koordináta-transzformációt alkalmazunk S_0-ból S_b-be. A számítások elvégzése után az

$$Ax_b + By_b + Cz_b + D = 0,$$
$$\begin{cases} A = \sin\varepsilon + \cos\varepsilon \ \operatorname{tg}\gamma_s \cos\alpha_0 \\ B = \cos\varepsilon - \sin\varepsilon \ \operatorname{tg}\gamma_s \cos\alpha_0 \\ C = \operatorname{tg}\gamma_s \sin\alpha_0 \\ D = -(R_s - a)\operatorname{tg}\gamma_s \cos\alpha_0 \end{cases} \qquad (10)$$

egyenletet kapjuk.



4. ábra. *A homlokfelület normálvektora*

3.3. Az élpontok koordinátái

Az él a homlokfelület és a hátfelület metszete. Az élkoordináták felírásához a hátfelület $\underline{\mathbf{r}}_k(u,\varphi,\xi(u,\varphi))$ parametrikus koordinátáit átírjuk a készülék rendszerébe, az (1) mátrixegyenlet jobb oldalának első mátrixa elhagyásával:

$$\underline{\mathbf{r}}_b(u,\varphi,\xi(u,\varphi)) = \mathbf{M}_{b0}\,\mathbf{M}_{0k}\,\underline{\mathbf{r}}_k(u,\varphi,\xi(u,\varphi)) \qquad (11)$$

A (11) parametrikus koordinátákat behelyettesítjük az újraélezés állapotának megfelelő ε paraméter értékére számított együtthatókkal felírt (10) implicit egyenletbe, mely így a

$$\Phi(u,\varphi,\xi(u,\varphi);\varepsilon) = 0 \qquad (12)$$

módon jelölhető, igen bonyolult alakú összefüggéssé alakul, melyet a továbbiakban kizárólag numerikusan kezelhetünk.

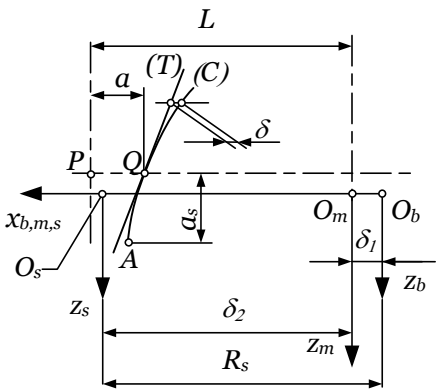
A homlokfelület és a hátfelület relatív helyzete arra enged következtetni, hogy bármely u paraméterértékre, mely az elméleti osztóköri F élponttól való, élhosszában mért távolságot jelenti, mindig létezik φ megoldás. Az intervallumfelezés módszerét alkalmazzuk, és ezzel N megadott u értékre előállítjuk a (12) egyenlet megoldásával a megfelelő φ értéket. Az így kapott $u_i, \varphi_i \; i \in \{0;1;...;N-1\}$ értékpárokat ezután az (1) egyenletbe helyettesítjük be, hogy az élpontok koordinátáit a betétkés koordinátarendszerében kapjuk meg.

4. A profilhiba

A profilhibát a betétkés éle által a marófej tengelye körül való elforgatásával kapott forgásfelület tengelyszelvénye és e tengelyszelvény osztóvonali pontjába húzott α_0 dőlésszögű profilegyenes közötti, a léc haladási irányában mért távolságként definiáljuk (**5 ábra**).

A profilhiba számítását a betétkésnek a marófejben elfoglalt helyzetéből indítjuk. A szerszámfej felépítése az Arkhimédész-féle vezérgörbéjű származtatófelületet kell megvalósítsa [1]. Alapparaméterként a forgástengely és az él által generált ideális fogaslécfog tengelyének L távolságát tekintjük.

Azt a tényt is figyelembe kell venni, hogy az utánélezések következtében az él elvándorol kezdeti helyzetéből. A betétkés akkor van helyesen beállítva, ha az éle által leírt forgásfelület síkszelvényének osztóvonali pontja a tengelytől L távolságra helyezkedő fogasléc-fogprofil megfelelő (késtípustól függően külső vagy belső) oldalára illeszkedik. Ennek céljából az élezési stádiumnak megfelelő ε értékre kiszámítjuk az élkoordinátákat, majd pedig ezekre, az u élhosszparamétert változónak tekintve felírjuk az $x_{sp}(u), y_{sp}(u), z_{sp}(u)$ spline-függvényeket.



5. ábra. *A profilhiba meghatározása*

Kiindulópontnak az élcsúcsot választjuk, mely az **5. ábrán** látható (*C*) síkszelvény *A* pontját generálja. Mivel az él körbeforgatása során a *z* koordináták nem változnak, a profil *Q* pontját generáló élpont és az *A* profilcsúcspontot generáló élcsúcs *z* menti távolsága a fogfejmagassággal kell egyenlő legyen, így a *Q* pontnak megfelelő u_q paraméterértéket a

$$z_A - z_{sp}(u) = 1.25\, m_n \qquad (13)$$

egyenlet gyöke adja. A referencia *Q* pont távolsága az elméleti fogasléc-fogprofil középpontjától mindig *a*, tehát a marófej forgása során a *Q* pont által leírt kör sugara $L-a$; ezzel kiszámítjuk az S_k és az S_m rendszerek *x* tengelyirányú δ_2 eltolását:

$$\sqrt{\left(x_{sp}(u_q)+\delta_2\right)^2 + y_{sp}^2(u_q)} = L - a \qquad (14)$$

Ezek után könnyen felírható az S_b és S_m rendszerek δ_1 *x* menti elcsúsztatása:

$$\delta_1 = R_s - \delta_2 \qquad (15)$$

A (14) egyenletből kifejezett δ_2 érték segítségével felírjuk az élpont koordinátáit a maró S_m rendszerében:

$$\underline{\mathbf{r}}_m = \begin{pmatrix} x_k + \delta_2 & y_k & z_k \end{pmatrix}^T \qquad (16)$$

Az él által generált forgástest tengelyszelvényének koordinátáit a tengelytől való távolság és a tengelyirányban mért magasság adja. A ráforgatás módszerének analitikus alkalmazásaként azonnal felírhatók a profilkoordináták:

$$\underline{\mathbf{r}}_m^{pr} = \begin{pmatrix} \sqrt{(x_k + \delta_2)^2 + y_k^2} \\ 0 \\ z_k \end{pmatrix} \qquad (17)$$

A profilhibát a *(T)* elméleti profilegyenes és a *(C)* profilgörbe közötti, a léc haladási irányában mért δ irányított szakasz adja, melynek előjeles hossza:

$$\delta = \left[x_{sp}(u_q) + \left(z_m^{pr} - z_{sp}(u_q)\right)\mathrm{tg}\,\alpha_0\right] - x_m^{pr} \qquad (18)$$

A profilhiba akkor pozitív, ha a valós generáló profil az elméleti profilhoz képest a megmunkálandó anyag irányába van eltolva. Így a fogárokban dolgozó belső kés élpontján akkor mérünk pozitív hibát, ha ez közelebb van a forgástengelyhez, azaz x koordinátája kisebb, mint az ugyanakkora z koordinátájú elméleti élpontnak. Világos, hogy külső kés esetében a (18) képletet fordított előjellel tekintjük.

5. Számszerű vizsgálat

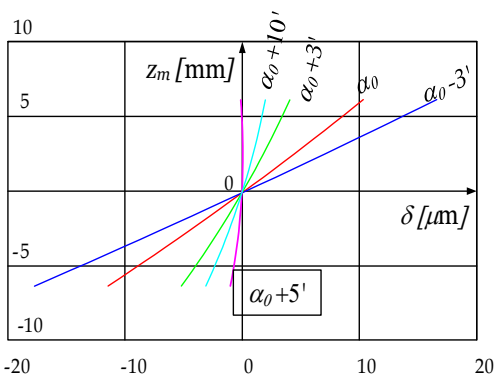
A matematikai modell helyességét, illetve a hibák kiértékelését a következő beállítási értékekre végeztük el:

– normálmodul $m_n = 5\,\mathrm{mm}$;
– normálkapcsolószög $\alpha_0 = 20°$;
– készüléksugár $R_s = 85\,\mathrm{mm}$;
– beállítási sugár $L = 120\,\mathrm{mm}$;
– utánélezési tartalék $\varepsilon = 20°$;
– radiálhátszög közelítő értéke az osztóvonalon $\alpha_Q = 6°$;
– fogfejélhátszög $\alpha_C = 5°$;
– oldalhomlokszög beállítási értéke $\gamma_s = 10°$;
– a készülékbe egyszerre elhelyezett kések száma $Z_s = 8$.

A beállítási oldalhátszög és és fogfejélhátszög értékével kiszámítottuk a radiális, illetve axiális szükséges hátramunkálásparaméterek értékét, és ennek alapján a τ hátramunkálási irányt, valamint a λ hátramunkálási paramétert. A megadott kezdeti adatokra a $\tau = 39°46'$, illetve $\lambda = 10{,}4\,\mathrm{mm/rad}$ értékeket kaptuk.

5.1. A profilhiba változása a köszörűkorong tengelyének szögével

A matematikai modell kielemzése során bizonyítást nyert az a feltételezés, hogy a hengeres köszörűkorong kiküszöbölhetetlen profilhibát eredményez. A hibákat a köszörűkorong $\alpha_s \in [20° - 3', 20° + 10']$ intervallumban változtatott dőlésszögeire számítottuk ki.



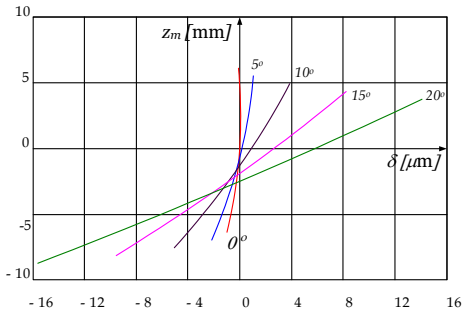
6. ábra. *A profilhiba változása a köszörűkorong tengelyének α_s bedöntési szögével*

Az eredményeket a **6. ábrán** szemléltettük. Megfigyelhető, hogy a fogfejre (z pozitív értékei) a hiba pozitív, míg a foglábra nega-

tív. A hiba az $\alpha_s = \alpha_0$ értékre közel 10μm, amennyiben viszont 3 szögpercnyit csökkentjük az α_s szöget, a hiba gyakorlatilag kétszeresére növekszik.
Továbbá megfigyelhető, hogy a bedöntési szög növelélével a hiba csökken, míg el nem éri, 5 szögpercnyi csökkentésre, az 1 μm értéket. Ha ennél tovább növeljük a bedöntési szöget, a hiba ismét növekedni fog, de iránya nem változik, vagyis az élcsúcson pozitív, míg az éltövön negatív. Gyakorlati szempontból a pozitív hiba előnyös, mivel fogfej- és foglablenyesést okoz, amely a hordképet a fogmagasság irányában lokalizálja. A fogoldalon történő anyagráhagyás a kapcsolódási viszonyokat rontja, és előbb-utóbb fogfelület-roncsolódáshoz vezet. Figyelembe kell vennünk, hogy a köszörűgépnek is vannak beállítási hibái, az optimum érték környezetében minimum ± 5 szögpercnyi hibával számolnunk kell, ami 5-10 μm profilhibát jelent. Véleményünk szerint nem a profilhiba értéke okoz gondot, hanem ennek a geometriai helyzete.

5.2. A profilhiba változása az újraélezésekkel

Az újraélezések hatását úgy vizsgáltuk, hogy a tökéletes köszörűkorong-beállítással generált hátfelületet a köszörűkészülék tengelye körül elforgatott homlokfelületekkel metsszük el. A modellt az $\varepsilon \in \{0°;5°;10°;15°;20°\}$ újraélezési paraméter-értékekre állítottuk be, és kiszámítottuk a keletkező profilhibát. Az eredményeket a **7. ábrán** foglaltuk össze. Megfigyelhető, hogy a profilhiba az utánélezésekkel, értelmét megtartva, növekedik. Az $\varepsilon = 10°$ értéknek megfelelő $\delta \approx 5\,\mu$m hibát elfogadhatónak tekintjük.



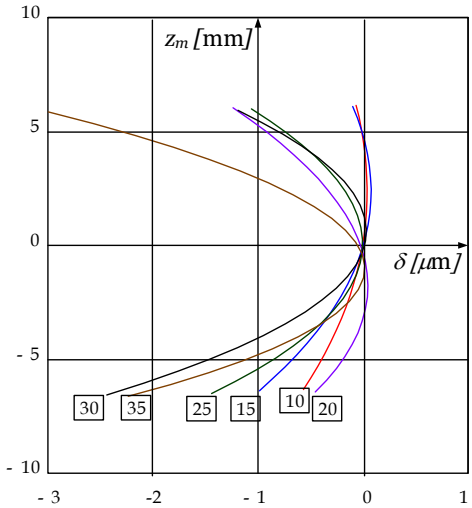
7. ábra. *A profilhiba változása az újraélezések számával*

Az említett mértékű újraélezésnek közelítőleg $R_s\,\varepsilon \approx 13{,}96\,\text{mm}$ értékű újraélezési anyagtartalék felel meg. Ezt megfelelőnek tartjuk, mivel közel kétszerese egy hasonló modulú lefejtő csigamaró újraélezési tartalékának.

5.3. A profilhiba változása a köszörűkorong sugarával.

A köszörűkorong sugarának megválasztása mind a profilhibát, mind pedig az α_s optimális bedöntési szögértéket befolyásolja. A gyártási folyamat szempontjából a nagyobb köszörűkorong-átmérő előnyösebb. Figyelembe véve, hogy a hátraesztergakés éle által burkolt hátfelület tökéletes, a kisebb sugarú köszörűkorong kisebb profilhibát hoz létre. Ennek technológiai hátrányai a forgácsolósebesség korlátozásában keresendők. A köszörűkorong sugarának maximális értékét befolyásolja a készülék sugara és a hátramunkálás iránya, ennélfogva a felső méret is korlátozott.

Az érintkezési görbék helyzete a köszörűkorongon a korong sugarával arányosan változik. Ki lehet mutatni, hogy minél nagyobb a sugár, a görbék annál inkább illeszkednek az $(x_k z_k)$ sík alá (y tengely pozitív iránya, **2. ábra**), tehát a korongnak annál nagyobb túlfutás szükséges, hogy a teljes hátfelületet megmunkálja.

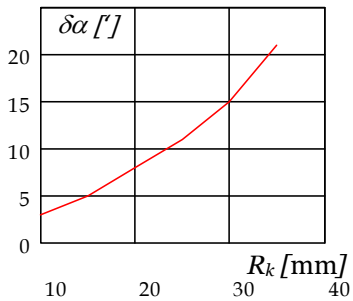


8. ábra. *A profilhiba változása a köszörűkorong sugarával optimális beállítás esetén*

A hibaeloszlásokat rendre 10, 15, 20, 25, 30 és 35 mm sugarú köszörűkorongra tanulmányoztuk, úgy, hogy megkerestük a legkisebb hibát eredményező tengelydöntési szöget. Az eredményeket a **8. ábrán** szemléltettük. Megfigyelhető, hogy a köszörűkorong sugarának növekedése a hiba növekedését eredményezi, de ez, optimális beállítás esetén, elfogadható nagyságú, nem haladván meg a 3 μm értéket. A legnagyobb hibaérték az éltövön keletkezik az $R_s \in \{10;15;30\}$ mm értékekre, és az élcsúcson $R_s \in \{20;25;35\}$ mm értékekre. A 25 mm értékre az éltövön és élcsúcson jelentkező hibák közel egyenlő értékűek**.**

A **8. ábrá**ról az is leolvasható, hogy a hiba az optimális beállítás esetében is ellentétesen oszlik el, mint ahogy az megfelelő lenne, mivel anyagráhagyást eredményez, vagyis fogfejnél és foglábnál az előírtnál szűkebb fogárkot.

Az optimális beállításra jellemző, hogy a bedöntési szög értéke arányosan növekedik a köszörűkorong sugarával. A felsorolt köszörűkorong-sugarakra jellemző szögkorrekciókat a **9 ábrán** szemléltettük. Megjegyezzük, hogy az ábrázolt értékek a bedöntési szög és az elméleti lécprofilszög közötti különbségek.



9. ábra. *A bedöntési szög értékének növekedése a köszörűkorong sugarával optimális beállítás esetén*

6. Következtetések

Az előbbiekben bemutatott és numerikusan kiértékelt matematikai modell alapján kimondható, hogy betétkések hengeres köszörűkoronggal való ferde irányú hátraköszörülése emelt pontosságigényű művelet. A művelet előnyös, mivel klasszikus hátesztergán elvégezhető, egyszerűen és nagy pontossággal előállítható köszörűkészülékben.

A hátraköszörülés során előállított hátfelület elméletileg mikron nagyságrendű hibát eredményez.

A profilhiba viszont igen érzékenyen változik a beállítási pontossággal: szögpercnyi eltéréssel már akár kétszeres növekedést is tapasztalhatunk.

Ha az optimális beállítást nem sikerül megvalósítanunk, akkor hátrányos eloszlású hibával rendelkező késélet kapunk. A hiba eloszlása minden esetben az éltövön negatív és az élcsúcson pozitív. Ebből arra lehet következtetni, hogy a köszörűkorong az éltövön több anyagot távolít el, mint amennyi szükséges.

Innen levonható a következtetés, hogy a továbbiakban olyan körkúp alakú köszörű-

koronggal kell kísérletezni, amelynek kis átmérője dolgozik az éltövön.

7. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4. A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

This work was supported by a fellowship of the Romanian Ministry of Education, UEFISCDI, project number NR12/2014–315/01.04.2014.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Máté, M., Hollanda, D.: *The Cutting of Cylindrical Gears Having Archimedean Spiral Shaped Tooth Line*. 13th International Conference on Tools, 27-28 March 2012, Miskolc, ISBN 978-963-9988-35-4, pp. 357–362.

[2] Máté, M., Hollanda, D., Tolvaly-Rosca, F., Popa-Müller, I.: *The localization of the contact patch by cylindrical gear having an Archimedean toothline using the method of setting the tangential displacement*. In XXI-th International Conference of Mechanical Engineers, Arad, 25-28 apr. 2013, Conference Proceedings, ISSN 2068-1267, pp.265–268.

[3] Máté, M.: *The micro-geometric Model of the Toothflanks of a cylindrical Gear With Archimedean Spiral Shaped Toothline*. 6th International Scientific and Expert Conference TEAM 2014-Technique, Education, Agriculture &Management, Kecskemét, November10-11, 2014. PROCEEDINGS OF TEAM 2014, ISBN 978-615-5192-22-7, Volume VI, Number 1, Year 2014, pp. 348–356

[4] Máté, M., Gyéresi, H.A.: *About the Profile Constancy by Curved Teeth Cylindrical Gear's Cutter Head.* MACRO-2015 6-7 March 2015, Conference Proceedings.

[5] Máté, M., Hollanda, D., Egyed-Faluvégi, E. *The Constructive and Functional Geometry of the Cutter Head of Cylindrical Gears with Curved Toothline*. MACRO-2015 6-7 March 2015, Conference Proceedings.

[6] Gyéresi, H. A., Máté, M.: *Spirális fogirányvonalú hengeres fogaskerekek marófejbetétkései elméleti profilhiba-mentes hátraköszörülése.* (Error-less Relieving of Inserts of the Archimedean Spiral Teethed Cylindrical Gear Cutter Heads). The XXIII.-th International Conference of Mechanical Engineering, Şumuleu-Ciuc, April 23-26, 2015. Proceedings of the Conference. Coordinator: Acad. Csibi Vencel József. Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania. ISSN 2068-1267. pp.118–121.

[7] Litvin, F.L.: *A fogaskerékkapcsolás elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

[8] Litvin, F.L., Fuentes, A.: *Geometria angrenajelor şi teorie aplicată.* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2009.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2014. Kolozsvár, 115–120. old.
http://hdl.handle.net/10598/29733
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.14

FORGÓDUGATTYÚS BELSŐÉGÉSŰ MOTOR

INTERNAL COMBUSTION ENGINE ROTARY PISTON

Papp István[1], Máté Márton[2], Popa-Müller Izolda[3], Kakucs András[4], Tolvaly-Roșca Ferenc[5], Forgó Zoltán[6], Lőrincz András[7]

[1…7] *Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, Koronka, Segesvári út,1/C*

[1]*pappistvan1944@yahoo.com*, [2]*mmate@ms.sapientia.ro*, [3]*ipmuller@ms.sapientia.ro*, [4]*kakucs@ms.sapientia.ro*, [5]*tferi@ms.sapientia.ro*, [6]*zforgo@ms.sapientia.ro*

Abstract
The paper discusses the construction principle and the operating mode of a special internal combustion engine having pentangular rotary pistons. Due to the specific form of the piston and the housing, a high number of ignition occurs during a complete rotation. Thus the engine can be imagined as a gas turbine engine having a controlled number of ignitions. As a consequence the speed of the piston can be low, which leads to a longer service life of the engine and an improved ignition. Because of the high number of explosions in a cycle, the load is almost constant and the friction is barely even there. There is no deadlock. During 20% of the working cycle two rotary pistons are in ignition phase that generates a torque on the crankshaft instead a simple moment.

Keywords: *engine, rotary piston, construction, operating mode*

Összefoglalás
Jelen tanulmány egy ötoldalú forgódugattyús motor felépítését és működési elvét ismerteti. A felépítés sajátosságaiból következik, hogy a teljes fordulat alatt keletkező robbanások száma sokkal nagyobb, mint a hagyományos robbanómotoroké. Emiatt a bemutatott megoldás úgy is elképzelhető, mint egy ellenőrzött robbanószámmal rendelkező turbóhajtómű. A magas robbanásszám lehetővé teszi, hogy a dugattyú alacsony fordulatszámon működjön, ami a motor élettartamának növekedéséhez és hatékonyabb égéshez vezet. A teljes fordulat alatt bekövetkező robbanások gyakorisága majdnem állandó nyomatékot eredményez, a súrlódási erők negatív hatása pedig minimális. A motornak nincs holtpontja. A ciklus 20 százaléka alatt egyszerre két dugattyúban történik robbanás, így a keletkező erők elméletileg erőpárt alkotnak, ami a főtengelyen tiszta csavaró nyomatékot hoz létre.

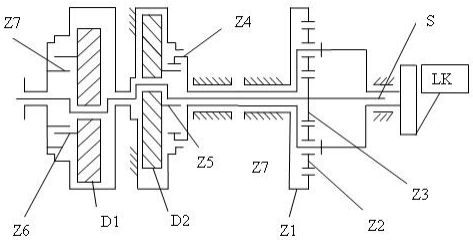
Kulcsszavak: *motor, forgódugattyú*

1. A motor általános leírása

A tanulmány tárgyát képező forgódugattyús motor kétlépcsős felépítésű, ahogyan az **1. ábrán** szemléltetett kinematikai vázlatból kitűnik. Az első lépcsőt egy, a forgódugattyúval szinkronban működő, szintén forgódugattyús kompresszor egészíti ki. A motor működése a beépített bolygómű hatása miatt kinematikai szempontból lényegesen eltér a a Wankel-féle motor működési elvétől.

A motor működését a bolygómozgást végző D_2 forgódugattyú különböző helyzeteinek megfelelő, az általa létrehozott pillanatnyi égésterekben létrejövő robbanások biztosítják. A D_2 dugattyú az R_x mértékű körhagyással rendelkező S főtengely ex-

centrikus szakaszára és a hozzá rögzített külső fogazású Z_5 fogaskeréken keresztül a Z_4 belső fogazású központi kerékre támaszkodik.

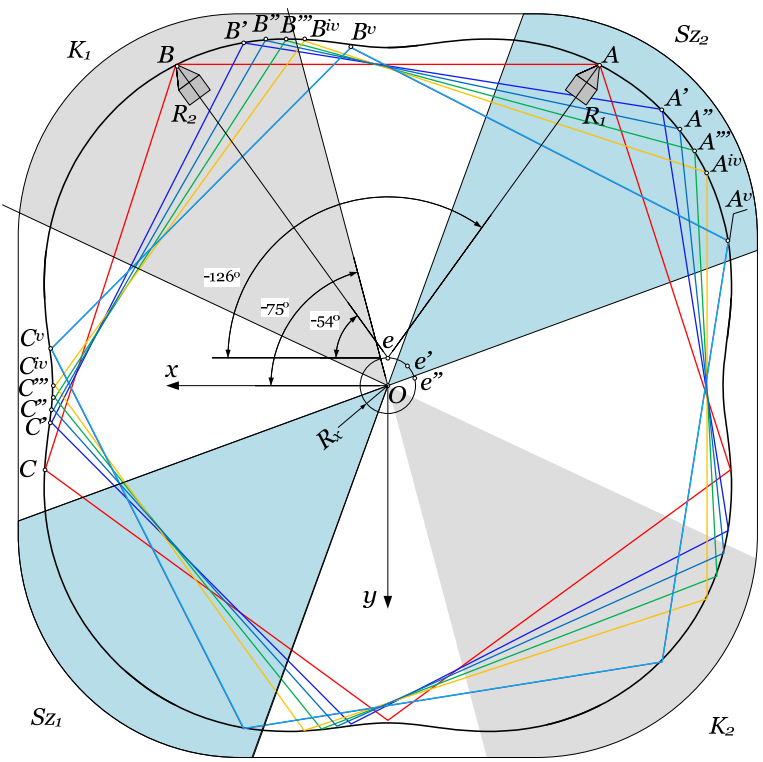


1. ábra. *A motor kinematikai vázlata*

Az excentrikus főtengely a forgódugattyú keringését, míg a Z_5/Z_4 belső kapcsolódású fogaskerékpár a saját tengelye körüli elfordulását biztosítja.

A Z_4 központi kerékhez rögzített és vele egytengelyű tartótengely-rendszerre vannak illesztve a Z_2 bolygókerekek. Ezek a Z_1 – állványhoz rögzített – napkeréken gördülnek le, miközben meghajtják az S főtengelyhez rögzített Z_3 külső fogazású kereket és ezzel együtt a főtengelyt. Így valósul meg a D_2 dugattyú jól meghatározott bolygómozgása. A dugattyú által hajtott Z_4 központi kerék a motor kimenő tengelyére van rögzítve, akár az LK lendkerék.

A kompresszor D_1 dugattyújának bolygómozgását az S főtengely és a dugattyúhoz rögzített belső fogazású Z_6 fogaskeréknek a Z_7 rögzített külső fogazású fogaskeréken való legördülése biztosítja.



2. ábra. *A motordugattyú helyzetei*

2. A motor működése

A motor működését a **2. ábrá**n szemléltettük. A kinematikai és dinamikai számításokat az [1–3] alapján végeztük el. Mind a forgódugattyú, mind az S főtengely az óramutató járásával megegyező irányba, azaz negatív szöggel fordul el, úgy, hogy a főtengely szögsebessége a dugattyú szögsebességénél 5-ször nagyobb. A motornak két, szimmetrikusan elhelyezett beömlő- és ezeknek megfelelő két kiömlőnyílása van.

Indítsuk a vizsgálatot attól a pillanattól kezdve, mikor a motor forgódugattyújának *AB* oldala – amelyet 1-es elemi dugattyúnak is nevezhetünk – az *Ox* tengellyel párhuzamosan (alatta) helyezkedik el. Ebben a helyzetben a főtengely *Oe* excenterének az *Ox* tengellyel bezárt szöge $\varphi = -90°$. A forgódugattyú ötszögének minden csúcsában egy-egy radiális tömítőgyűrű biztosítja az elemi robbanókamrák nyomástűrését. A kezdő helyzetben az *AB* elemi dugattyú R_1 radiális gyűrűje –126 fokra, míg az R_2 –54 fokra helyezkedik el az *Ox* tengely pozitív irányításához mérve. Ebben a helyzetben a dugattyú és a hüvely közé zárt, a dugattyú forgása alatt állandóan változó alakú és kiterjedésű tér eléri a minimumértékét, és kommunikál a $(-25°, -75°)$ szögintervallumra kiterjedő kiömlőnyílással.

Feltételezzük, hogy a dugattyú –9 fokkal fordul el, így az 1-es dugatyú az *A'B'*, a 2-es pedig a *B'C'* helyzetet foglalja el. Ez alatt az elfordulás alatt a dugattyú vákuumot képez, mivel az 1-es kamra szívónyílása zárva van. Ebben a helyzetben a *B'C'* elemi dugattyú a robbanás utáni kiterjedési fázisát végzi, és szimmetria vonala –27 fokos szöget zár be az *Ox* tengely pozitív irányával. A dugattyú elfordulásának, az áttételeknek megfelelően, a főtengely –45 fokos elfordulása felel meg. Ezáltal a dugattyú középpontja $R_x \sin(-135°)$ értéknek megfelelő pozícióba, azaz az *Ox* tengely *alá* kerül.

Fordítsuk el a dugattyút további 3 fokkal, aminek következtében a dugattyúk az *A"B"*, illetve *B"C"* helyzetbe kerülnek. Ez azt jelenti, hogy az *Ox* tengelyhez viszonyított kezdeti helyzetéhez képest –12 fokkal vannak elfordulva. Az 1-es dugattyú *B* csúcsába illesztett R_2 gyűrű –66 fokot zár be az *Ox* tengellyel. Ebben a helyzetben nyit a szívónyílás, ugyanakkor a kipufogónyílás is nyitva van.

A dugattyú –15 fokos elfordulása után (*A'''B'''*, *B'''C'''* helyzet) a főtengely −75 fokot fordul el, a dugattyú középpontja pedig $R_x \sin(-165°)$ értékkel fennebb kerül. Az 1-es dugattyú hátsó gyűrűje −69 fokot zár be az *Ox* tengellyel, vagyis a dugattyú −75 fokra elhelyezett kiömlő nyílása zárul.

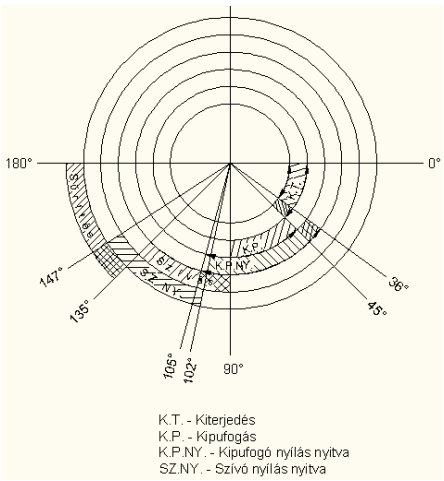
Legyen a dugattyú pillanatnyi elfordulási szöge –18 fok ($A^{iv}B^{iv}$, $B^{iv}C^{iv}$ helyzet). A főtengely –90 fokot fordul el. A dugattyú visszahúzódik, ezáltal megnyílik teljesen az 1-es dugattyú beömlő nyílása. Az 1-es henger feltöltődik. A 2-es hengerben folytatódik a kiterjedés fázisa, amely fázisszöge már csak 9 fokkal tér el az alsó holtpontnak megfelelő helyzettől és 4 fokkal a kipufogónyílás szimmetriatengelyétől.

Fordítsunk a dugattyún még 9 fokot (A^vB^v, B^vC^v helyzet). Ebben a helyzetben az 1-es dugattyú elfordulási szöge –27 fok, a 2-es dugattyú szimmetriatengelyének helyzete –45 fok, a főtengelynek pedig az *Ox* tengelyhez viszonyított elfordulása –135 fok. A 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van. Ebben a pozícióban kezdődik a 2-es dugattyú sűrítési fázisa. Az 1-es dugattyú folytatja a szívó fázist egészen a −135 fok elfordulási szögig.

Figyelembe véve, hogy a 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van, nem kezdődhetik a sűrítési fázis mindaddig, amíg a dugattyúra helyezett tömítőgyűrű nem zárja el a szívónyílást. A terv szerint a 2-es dugattyú szívónyílása a főtengely –180 fokos elfordulása után záródik, ami a dugattyú szimmetriatengelye 36 fokos helyzetének

felel meg. Ez annyit jelent, hogy a 45 fokos sűrítési szögből csak 36 fok használható. Tehát a sűrítési fázis a főtengely 180 foktól 360 fokig való elmozdulásának, azaz a dugattyú 36 fokos elmozdulásának felel meg. Ugyanez a hatásfokú fázis 18 fokos késéssel ismétlődik az 1-es dugattyú szívóterében. Az 1-es dugattyú szívócsatornája a főtengely 270 fokos elfordulása után elzáródik. Ekkor a 2-es dugattyú szimmetriatengelye 18 fokot zár be az *Ox* tengellyel.

A motor 1-es dugattyújára értelmezett fázisdiagramját a **3. ábrá**n szemléltettük.



3. ábra. *A motor fázisdiagramja*

3. A tápszivattyú működése

A tápszivattyú forgódugattyúja, akár a motoré, az óra járásának irányában, azaz negatív szöggel fordul el. A tápszivattyúnak négy, szimmetrikusan elhelyezett beömlő- és ezeknek megfelelő, négy irányítószeleppel ellátott kiömlőnyílással van.

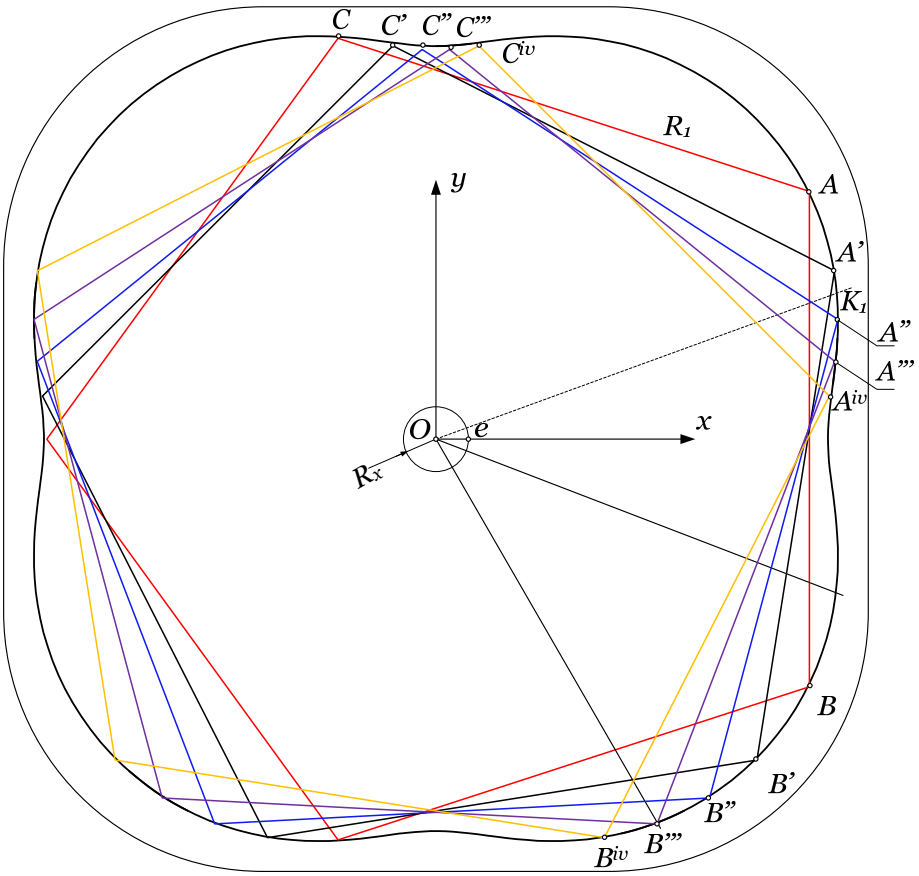
Kezdetben a tápszivattyú dugattyújának 1-es, *AB*-vel jelölt oldala, amelyet 1-es dugattyúnak is nevezhetünk, az *Oy* tengellyel párhuzamosan, ennek jobb oldalán helyezkedik el (**4. ábra**). Ebben a helyzetben, a főtengelynek a szivattyút működtető *Oe* excentere nulla fokot zár be az *Ox* tengelylyel. Értelemszerűen az 1-es dugattyú első radiális gyűrűje –36 fokra, a második radiális gyűrű pedig +36 fokra illeszkedik be az *Ox* tengely pozitív irányítására. A dugattyú és a hüvely között bezárt térfogat minimális, és kommunikál azzal a kiömlőnyílással, amelynek szimmetriatengelye az *Ox* tengelytől +20 fokra van elfordítva.

Feltételezzük, hogy a dugattyú –9 fokot fordult el (*A'B'* helyzet). Ezalatt a dugatytyúnak szívóhatása van, mivel az 1-es kamra szívónyílása zárva van, emiatt vákuum képződik. Ebben a helyzetben a 2-es (*B'C'*) dugattyú szívónyílása nyitva van, a dugatytyú pedig a szívóütem közepén tart. A dugattyú –9 fokos elfordulásának megfelelően a főtengely –45 fokot fordul el, ezáltal a dugattyú középpontja $R_x \sin(-45°)$ távolságra kerül az *Ox* tengelytől. Az 1-es dugattyú szívóterében a vákuum –9 foknál megszűnik, mivel az 1-es dugattyú hátsó radiális gyűrűje a +20 fokos kiömlőnyíláshoz ér, amelyen keresztül a 2-es dugattyú szívóhatását növelve feltelik, illetve a két kamrában a vákuum kiegyenlítődik.

A forgódugattyú 15 fokos elfordulása után az elemi dugattyúk az *A"B"*, illetve a *B"C"* helyzetbe kerülnek, a főtengely elfordulása pedig értelemszerűen –75 fok. Az 1-es dugattyú hátsó gyűrűje elzárja a 2-es dugattyú kiömlőnyílását, ezáltal az 1-es és 2-es hengerekben külön-külön folytatódik a szívó fázis.

Legyen a dugattyú pillanatnyi elfordulási szöge –21 fok (*A'''B'''*, *B'''C'''* helyzet). A főtengely –105 fokot fordul el, tehát visszahúzza a dugattyút, ezáltal megnyílik az 1-es dugattyú beömlőnyílása. Az 1-es henger feltöltődik. A 2-es hengerben folytatódik a szívó fázis, amelynek fázisszöge már csak 6 fokkal tér el az alsó holtpontnak megfelelő helyzettől. Fordítsuk a dugattyút még 6 fokot ($A^{iv}B^{iv}$, $B^{iv}C^{iv}$ helyzet). Ebben a helyzetben az 1-es dugattyú elfordulási szöge –27 fok, a 2-es dugattyú szimmetriatengelyének helyzete 45 fok, a főtengelynek pedig az

Ox tengelyhez viszonyított elfordulása –135 fok.



4. ábra. *A tápszivattyú forgódugattyújának helyzetei*

A 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van. Innen kezdődik a 2-es dugattyú sűrítési fázisa. Az 1-es dugattyú folytatja a szívó fázisát addig, ameddig elfordulási szöge –45 fokos. Figyelembe véve, hogy a 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van, nem kezdődhet a sűrítési fázis mindaddig, amíg a dugattyúra helyezett tömítőgyűrű nem zárja el a szívónyílást. A terv szerint a 2-es dugattyú szívónyílása a főtengely -195 fokos elfordulása után záródik illetve, a dugattyú szimmetriatengelye 33 fokos helyzetének felel meg. Ez annyit jelent, hogy a 45 fokos sűrítési szögből csak 33 fok használható. Tehát a sűrítési fázis, a főtengely 195 foktól 360 fokig való elmozdulásának, azaz a dugattyú 33 fokos elmozdulásának felel meg. Ugyanez a hatásfokú fázis 18 fokos késéssel ismétlődik az 1-es dugattyú szívóterében. Az 1-es dugattyú szívócsatornája a főtengely 285 fokos elfordulása után elzáródik. Ekkor a 2-es dugattyú szimmetriatengelye 15 fokot zár be az *Ox* tengellyel. Ennek a helyzetnek megfelelően a 2-es dugattyú első radiális gyűrűje az *Ox* tengelyhez viszonyítva –21 fokra helyezkedik el. Mivel az 1-es dugattyú szívónyílása nem kommunikálhat a 2-es du-

gattyú kiömlőnyílásával, az 1-es dugattyú szívónyílásának hossza csak –21 foknál kezdődhet, tervek szerint –60 fokig tarthat.

4. A tervezett motor jellegzetes méretei

A dugattyú egyetlen fordulatára a motor tízszer robban, a lendkerék pedig az áttételnek megfelelően 5/3 fordulatot tesz meg.

Az elemi dugattyú térfogatát az ötszög oldala és a kamra közé zárt terület, illetve a forgódugattyú magassága határozza meg. A sűrítési arány ennek megfelelően a legnagyobb terület, és a szívó-, illetve kipufogónyílások együttes zárásakor előálló legkisebb terület aránya. A tervrajz alapján kiszámítottuk, hogy a legnagyobb térfogat $V_{\max} = 125\text{cm}^3$, a sűrítési arány pedig $\varepsilon \approx 11$.

A lökethosszt az excentricitás kétszereseként értelmezzük, így, $h = 15\,\text{mm}$.

Ha feltételezzük, hogy a dugattyú fordulatszáma 1500 ford/perc, akkor a lendkerék fordulatszáma 2500 fordulat/perc. Ugyanilyen fordulatszámú négyhengeres benzinmotorban 5000 robbanás történik percenként.

Egy 1500 cm^3 űrtartalmú motor esetében a percenként elfogyasztott keverék térfogata a következő:

$$V = 5000 \cdot \frac{1500}{4} \cdot \frac{1}{1000} = 1875 \frac{\text{l}}{\text{min}} .$$

A tervezett forgódugattyús motor percenkénti keverék-térfogatszükséglete ugyanannyi, mivel:

$$V' = 1500 \cdot 10 \cdot \frac{125}{1000} = 1875 \frac{\text{l}}{\text{min}} .$$

A fenti számítások alapján kijelenthetjük, hogy a tervezett forgódugattyús motor hozzávetőlegesen egy 1500 cm^3 űrtartalmú motorral ekvivalens, mint például az 1495 cm^3-es Audi 60, ϕ80x74,4 furatméretű motor.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Maros, D.: *Calcule numerice la mecanismele plane.* Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1987.

[2] Maros, D.: *Mecanisme.* Institutul Politehnic, Cluj-Napoca, 1980.

[3] Papp, I.: *Mechanizmusok elmélete.* Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2010.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 121–126. old.
http://hdl.handle.net/10598/29724
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.15

ERŐGÉP-ÁSÓGÉP ÜZEMELTETÉSÉNEK ELEMZÉSE NÖVÉNYHÁZI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

ANALYSIS OF OPERATING TRACTOR-SPADING MACHINES IN GREENHOUSE ENVIRONMENT

Pásztor Judit[1], Kakucs András[2]

[1]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, pjudit@ms.sapientia.ro*

[2]*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, kakucs2@ms.sapientia.ro*

Abstract
The spading machine is the main machine for the work of the soil in greenhouses. It is used for the turning, cutting, loosening and mixing of the soil. Operating indicators are numeric expressions, which characterize the work and performance of tractors, and in the case we have studied, that of the soil spading machine. They reflect how the machine exploitation meets the requirements of the technical level. The operating indicators we have studied are the following: the coefficients of the work courses, the specific way, coefficients of the time used, and the working capacity of the system under analysis. Indicators are studied with the help of two methods of displacement, in a long and in a short path. Operational indicators have different values depending on the two methods of displacement.

Keywords: *spading mahcine, operating indicators, greenhouse*

Összefoglalás
Az ásógép a termesztőberendezések talajmunkáinak alapgépe. A talaj forgatására, aprítására, lazítására, keverésére szolgál. Az ásógép aktív gép, munkaeszközei, az ások vontatás közben a kerethez képest elmozdulnak az erőgép teljesítmény-leadó tengelyéről, a TLT-ről kapott forgómozgás hatására. Az ásószerszámok munka közben felülről a talajba hatolnak, kivágnak egy talajszeletet, majd hátrafelé dobják. A talajdarabok a borítólemeznek ütköznek és aprózódnak. Az ásás energiaigényes munka. Mindenkori cél az agrotechnikai előírások teljesítése mellett az energiafelhasználás csökkentése, ezért fontos a gép üzemeltetésének vizsgálata. Az üzemeltetés szorosan összefügg a gépcsoport mozgásmódjával. A dolgozatban megvizsgáljuk és elemezzük az ásógép-erőgép gépcsoport üzemeltetési mutatóit növényházban, a gépcsoport két mozgásmódjában, egy rövid és egy hosszú fordulással megvalósított mozgásmódban. Az üzemeltetési mutatók különböznek a két mozgásmódban.

Kulcsszavak: *ásógép, üzemeltetési mutatók, teljesítménymutatók, növényház*

1. Bevezető

A gépüzemeltetés elmélete reáltudomány, a valós folyamatok megfigyelésén és az így nyert adatok értékelő elemzésén alapszik. A szükséges információk meghatározása megfigyelés és mérés útján történik, feljegyezve az üzemeltetéssel kapcsola-

tos összes körülményt. A mért adatokból üzemeltetési mutatók számíthatók. Az üzemeltetési mutatók olyan számok, összefüggések, amelyek jellemzik a gépcsoport munkáját, és tükrözik a gép műszaki fejlettségének szintjét [1].

A mezőgazdasági gépcsoportok a járómunka végzésekor rendeltetésszerű hasznos munkát és elengedhetetlenül szükséges mellékmozgásokat végeznek. Olyan mozgásmód megválasztására kell törekedni, amely során a mellékmozgások, az üresmenetek hossza minél kisebb legyen, ezt a munkamenetek tényezője számszerűsíti, és az egységnyi terület megmunkálásához megtett út a lehető legrövidebb legyen, amelyet a fajlagos úthossz fejez ki [3], [4], [5].

2. Munka és módszer

A dolgozatban növényházi körülmények között vizsgáltuk az erőgép-ásógép gépcsoport üzemeltetési mutatóit.

A vizsgálatokat Ákosfalván, a *Farel* Kft. növényházában végeztük. A növényház többhajós, tömbrendszerű. Termesztőfelületének egységei a szakaszok. Egy szakasz mérete *3,2×30* m^2, amelyből *3,2×3* m^2 a forgó mérete. A tartóoszlopok miatt a szakasz megmunkált szélessége *2,8* m [3]. Szakaszokra merőleges, *3* m szélességű közlekedési út szeli át a növényházat.

Az erőgép: U-445 univerzális, kétkerékhajtású, szorzórendszerű sebességváltóval ellátott, kerekes járószerkezettel rendelkező erőgép.

Munkagép: MSS-1,4 kilökő-elemes ásógép. A gép 6 ásóval rendelkezik, *1,40* m munkaszélességben dolgozik, *30* cm mélységben, az I-2 sebességfokozatban.

Munkaközeg-jellemzők: a növényház talajának tömörsége *344,95* kPa átlagos szúrószilárdsággal jellemezhető a négy menetben betakarított spenót után [2].

Az üzemeltetési mutatókat a gépcsoport két mozgásmódjában tanulmányoztuk. A fordulás alatt megtett úthosszúság alapján egy hosszabb és egy rövidebb mozgásmódot vizsgáltunk. Mindkét esetben a fordulás során a gépcsoport 180°-os hurkos fordulóval váltott irányt. A forgók művelésénél 90°-os fordulóra is sor került. A két mozgásmódot a munkamenet-tényezőkkel és a fajlagos úthosszakkal jellemeztük [3].

2.1. A mozgásmódok jellemzése

Az U-445-MSS 1,4 gépcsoport növényházi körülmények között üzemeltetve, a hasznos munka elvégzése végett üresmenetet és mellékmozgást is megtesz, munkába áll, átkel a közlekedő úton, fordul a szakasz végén. A dolgozatban vizsgált két mozgásmódot az **1. ábra** szemlélteti.

A gépcsoport mozgásának jellemzésére használható:

– a munkamenetek tényezője;
– a fajlagos úthossz.

A munkamenetek tényezője, **„ν”** a mozgásmód eredményességét számszerűsíti. Az alábbi összefüggés segítségével számítható:

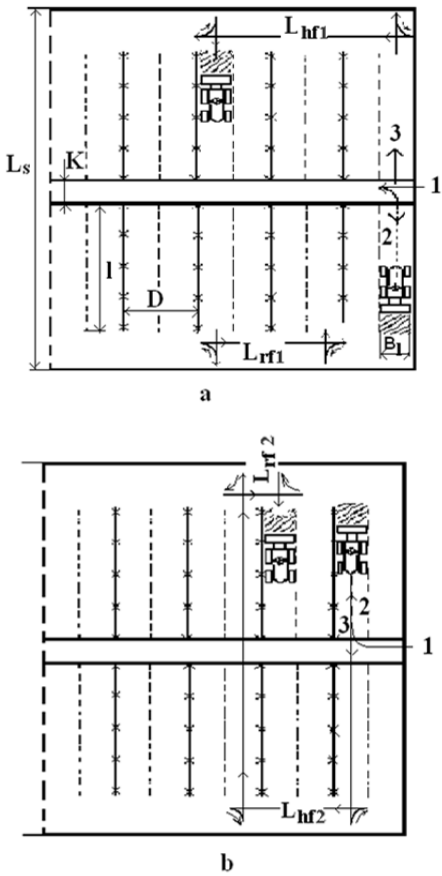
$$\nu = \frac{S_h}{S_h + S_m}. \qquad (1)$$

Az (1) összefüggésben S_h a hasznos út hossza, [m]; S_m a mellékmozgások hossza, [m].

A hasznos út a (2) és mellékmozgások hossza a (3) összefüggésekkel számolható. A hajó két végén levő fordulók hossza nem egyező, van egy hosszú forduló, L_{hf} és egy rövid forduló, L_{rf} mindkét vizsgált mozgásmód esetében.

$$S_h = 2 \cdot 2 \cdot N \cdot l + 4 \cdot N \cdot D \ [\mathrm{m}], \qquad (2)$$

$$S_m = (N-1) \cdot L_{hf} + \\ + (N-2) \cdot L_{rf} + \\ + 8 \cdot L_{f90} + 2 \cdot N \cdot K + 2 \cdot l \ [\mathrm{m}]. \qquad (3)$$



1. ábra. *Erőgép-ásógép gépcsoport vizsgált mozgásmódjai: a) nagyobb úthosszú fordulás; b) kisebb úthosszú fordulás*

A (2) és (3) összefüggés jelölései a következők: N a megmunkált hajók száma; l munkahossz [m]; D hajó szélessége [m]; L_{hf} hosszú forduló úthossza [m]; L_{rf} rövid forduló úthossza [m]; L_{f90} 90°-os forduló hossza [m]; K közlekedési út szélessége [m].

A fordulók hossza az alábbi összefüggéssekkel modellálható a két mozgásmód alapján:

$$L_{hf1} = 2 \cdot C_1 \cdot R_i + \left[3 \cdot D - 2 \cdot \left(\frac{B_m}{2} + S_{védő} \right) \right] \text{ [m]}, \quad (4)$$

$$L_{rf1} = 2 \cdot C_1 \cdot R_i + \left[2 \cdot D - 2 \cdot \left(\frac{B_m}{2} + S_{védő} \right) \right] \text{ [m]}. \quad (5)$$

$$L_{hf2} = 2 \cdot C_1 \cdot R_i + \left[D + 2 \cdot \left(\frac{B_m}{2} + S_{védő} \right) \right] \text{ [m]}, \quad (6)$$

$$L_{rf2} = 2 \cdot C_1 \cdot R + 2 \cdot \left(\frac{B_m}{2} + S_{védő} \right) \text{ [m]}. \quad (7)$$

A 90°-os fordulók hossza az alábbi összefüggéssel számolható:

$$L_{f90} = C_2 \cdot R_i \text{ [m]}, \quad (8)$$

A (4), (5), (6), (7), (8) összefüggésekben szereplő jelölések a következők: B_m a munkagép szélessége [m]; $S_{védő}$ az oszlopok melletti védősáv szélessége [m]; R_i az erőgépre jellemző legkisebb fordulási sugár [m]; C_1 zárthurkos forduló szorzótényezője; C_2 nyílt forduló szorzótényezője.

A *fajlagos úthossz*, **γ** megmutatja, hogy egységnyi terület megmunkálásához mekkora utat kell megtenni. Az alábbi összefüggés segítségével számítható:

$$\gamma = \frac{S_h + S_m}{N \cdot D \cdot L_s} \text{ [m/m}^2\text{]}, \quad (9)$$

ahol L_s a hajó hosszát jelöli [m].

Az összefüggésekben szereplő, az **1. ábra** alapján számolt értékeket az **1. táblázat** foglalja össze.

Mért adatok: l=*27* m, D=*3,2* m, K=*3* m, $S_{védő}$=*0,2* m, N=*9*, Bm=*1,4* m, R_i=*3,2* m, L_s=*63* m, C_1=*3,5*, C_2=*1,8*.

1. táblázat. *Erőgép-ásógép gépcsoport mozgásmódjának jellemzése*

	1. Hosszabb mozgásmód	***2. Rövidebb mozgásmód***
Hosszú forduló[m]	L_{hf1}=30,2	L_{hf2} =27,4
Rövid forduló [m]	L_{rf1}=27	L_{rf2}=24,2
90°-os forduló [m]	L_{f90}=5,8	
S_m, [m]	*585*	*543*
S_h,[m]	*1087,2*	*1087,2*
Munkamenet tényező ν	**0,65**	**0,67**
Fajlagos úthossz γ, [m/m^2]	**0,92**	**0,90**

Véleményt alkothatunk a gépről és annak üzemeltetéséről:

- A munkamenetek tényező értéke kedvező, ha közelít az 1-hez. A vizsgált gépcsoport munkameneti tényezői a két mozgásmódban 0,65, illetve 0,67. Ezen értékek nem illeszkednek az optimálisnak tekinthető 0,9–0,95 értékek közé [5], ami arra utal, hogy a hasznos munka elvégzése végett tett mellékmozgások hossza számottevő. Ez a gyakori fordulók következménye.
- A vizsgált gépcsoport fajlagos úthossza, az egységnyi terület megmunkálásához megtett út 0,92 m/m^2, illetve 0,90 m/m^2. Kedvezőbb az érték a rövidebb üresmenetet igénylő mozgásmódban.

Mindkét jellemző szerint a rövidebb mozgásmód a kedvezőbb. De mielőtt a rövidebb mozgásmód mellett döntenénk, felmerül az üzemeltetési mutatók vizsgálata, elemzése.

2.2. Üzemeltetési mutatók képzése

Az erőgép-ásógép gépcsoport üzemeltetésének vizsgálatához munkanapfényképezést végeztünk [5]. Az időelemeket másodpercmutató órával mértük. Mérendő az ásás, a fordulások, átkelések, a megállások ideje, az egyik forgóból a másikba való átkelés ideje. A mért adatokat mérési jegyzőkönyvekben rögzítettük, és üzemeltetési mutatókat képeztünk: időkihasználást jelző mutatókat és teljesítménymutatókat.

A vizsgálat során a hosszabb fordulást igénylő mozgásmóddal 9 hajó területét ásták, a rövidebb fordulást igénylőnél 7 hajó területét. A mért és számolt adatokat a **2. táblázat**ban összefoglaltuk.

2.2.1. Időelemek

T_1 alapidő, a tulajdonképpeni ásás ideje. T_2 mellékidő, az alapidőhöz hozzátartozó idők, a T_{21} a fordulások idejének és T_{22} az átkelések ideje és üresmenetek idejének összege:

$$T_2 = T_{21} + T_{22}\,[\text{min}] \qquad (10)$$

T_{01} a produktív idő:

$$T_{01} = T_1 + T_2\,[\text{min}] \qquad (11)$$

T_3 a műszaki kiszolgálás ideje, javítások ideje. T_{02} a technikai idő:

$$T_{02} = T_1 + T_2 + T_3\,[\text{min}] \qquad (12)$$

2.2.2. Időmutatók

Időkihasználási- és időarányokat jelző mutatók jellemzik a munka általános lefolyását [5]. Az időelemzés a munkafolyamatok tartalmi analízisének egyik fontos módja. Két időkihasználási mutató kerül elemzésre:

- *Produktív időkihasználási mutató*, K_{01}, a gép felépítésétől, a gépkezelő rátermettségétől, a fordulások végrehajtásától, az

alkalmazott sebességfokozattól is függ. Értéke kedvező, ha közelít az 1-hez:

$$K_{01} = \frac{T_1}{T_{01}}. \qquad (13)$$

– *Technikai időkihasználási mutató*, **K_{02},** tájékoztatást nyújt a gép üzembiztonságáról, a gép állapotáról. Értéke itt is kedvező, ha közelít az 1-hez:

$$K_{02} = \frac{T_1}{T_{02}} \ . \qquad (14)$$

2.2.3. Teljesítménymutatók

A teljesítménymutatók egységnyi idő alatt elvégzett munka mennyiségét fejezik ki, jelen esetben az egységnyi idő alatt felásott területet jelölik. Több teljesítménymutató is képezhető, de a növényházi körülmények között végzett időszakos jellegű ásásnál a következő tényezők fontosak:

– *Alapidő alatti teljesítmény, W_1* a rendeltetésszerű munka egységideje alatt megművelt terület nagysága:

$$W_1 = \frac{S_h \cdot B_m}{T_1} \left[m^2 / h\right]. \qquad (15)$$

– *Produktív idő alatti teljesítmény, W_{01}* a produktív idő alatt megművelt terület nagyságát jelenti:

$$W_{01} = \frac{S_h \cdot B_m}{T_{01}} \left[m^2 / h\right]. \qquad (16)$$

– *Technikai idő alatti teljesítmény, W_h* a teljes munka elvégzéséhez szükséges időegység alatt megművelt terület nagysága. Általánosabb mutató, mert a hibák kiküszöbölésére szükséges időt is magába foglalja.

$$W_h = \frac{S_h \cdot B_m}{T_{02}} \left[m^2 / h\right]. \qquad (17)$$

2. táblázat. *Az időkihasználási, időarányokat jelző mutatók és teljesítménymutatók mért, számolt értékei*

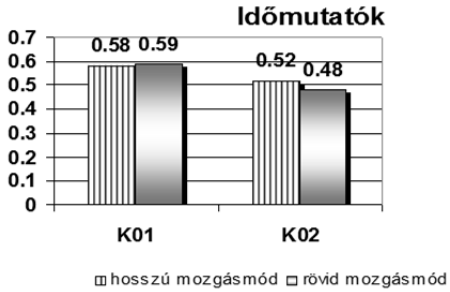
Üzemeltetési mutatók	1. Hosszabb mozgásmód		2. Rövidebb mozgásmód	
	Mért érték	Számolt érték	Mért érték	Számolt érték
	9 hajó		7 hajó	
T_1 [min]	74,5		68	
T_{21}[min]	42		38	
T_{22} [min]	12		11	
T_2 [min]		54		48
T_{01} [min]		128,5		116
T_3 [min]	15		25	
T_{02} [min]		143,5		141
K_{01}		*0,580*		*0,585*
K_{02}		*0,519*		*0,482*
W_1 [m^2/h]		1225,56		1042,52
W_{01} [m^2/h]		711,06		610,75
W_h [m^2/h]		636,70		502,69

2.3. Üzemeltetési mutatók elemzése

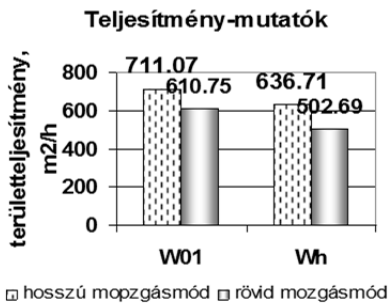
– *A produktív időkihasználási mutató, K_{01}, kedvezőbb a rövid a mozgásmód esetén* (**2. ábra**). A vizsgálat során a gépcsoportot ugyanaz a gépkezelő vezette mindkét mozgásmód esetében, így kizárható az a tény, miszerint a különbséget a gép felépítése, vagy a gépkezelő rátermettsége befolyásolná.

– *A technikai időkihasználási mutató, K_{02}, kedvezőbb a hosszú mozgásmódban* (**2. ábra**). Ez a mutató tájékoztatást nyújt a gép üzembiztonságáról, a gép állapotáról. Az utóbbi kizárható, ugyanazon gépcsoportról lévén szó. A különbség azzal magyarázha-

tó, hogy a rövidebb mozgásmódnál a fordulások a növényház oszlopai mellett történtek, gyakoriak voltak az oszlopérintések, így gyakoribbak voltak a megállások is, a fordulás a többszöri kényszerű irányváltás miatt elhúzódott.



2. ábra *Időmutatók alakulása U445-MSS-1,40 gépcsoport növényházi üzemeltetése során két mozgásmódban: K01 produktív időkihasználási mutató; K02 technikai időkihasználási mutató*



3. ábra. *Teljesítménymutatók alakulása U445-MSS-1,40 gépcsoport növényházi üzemeltetése során két mozgásmódban: W01 produktív idő alatti teljesítmény; Wh technikai idő alatti teljesítmény*

- *A produktív idő alatti teljesítmény, W_{01}, kedvezőbb a hosszú mozgásmódban* (**3. ábra).** Az ásás ideje és az alapidőhöz tartozó idő egysége alatt végzett munka nagyobb a hosszú mozgásmódban, mint a rövid mozgásmód esetén.
- *A technikai idő alatti teljesítmény, W_h, kedvezőbb a hosszú mozgásmódban* (**3. ábra**).

3. Következtetések

- A vizsgált gépcsoport fajlagos úthossza, az egységnyi terület megmunkálásához megtett út a két tanulmányozott mozgásmódban 0,92 m/m^2, illetve 0,90 m/m^2. Kedvezőbb az érték a rövidebb üresmenetet igénylő mozgásmódban.
- Az U 445 erőgép-MSS-1,40 ásógép gépcsoport növényházi üzemeltetésénél tanulmányozott két mozgásmód időmutatóinak és teljesítménymutatóinak elemzése alapján megállapítható, hogy a gépcsoport üzemeltetése a hosszú mozgásmódban kedvezőbb.
- A technikai idő alatti teljesítmény gyakorlati jellegű, a leggyakrabban használt mutató. A vizsgált gépcsoport esetében *636,70* m^2/h és *502,69* m^2/h. Kevesebb a gépkönyvben megadott 900-1200 m^2/h teljesítménynél [4], mert a szükségszerűen jelentkező mellékidők aránya nagy az alapidőhöz képest.
- A teljesítménymutatók minden esetben a kedvező 1-es érték alatt maradtak, mivel a növényházak geometriája, felépítése a klímaparaméterek kielégítését is szolgálja.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Máté M.: *Műszaki mechanika – kinematika*. EME, Kolozsvár, 2010, 24–38.

[2] Pásztor J., Bratucu Ghe.: *Aspects of the physical-mechanical characteristics of the soil from greenhouses.* In: EcoAgroturism, Transilvania University of Braşov, 2008. vol.4, nr.1, 104–108.

[3] Pásztor J., Toos L.: *Ásógépcsoport üzemeltetési mutatóinak vizsgálata növényházban*. Műszaki Szemle, OGÉT Gyergyószentmiklós, 2009. 313–316.

[4] Sztachó-Pekáry I., Szendrő P.: *Példák mezőgazdasági géptanból*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1997.

[5] Tiboldi V.: *Gépek üzemeltetése a mezőgazdaságban.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1997. 75–95.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 127–130. old.
http://hdl.handle.net/10598/29725
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.16

SZIKRAFORGÁCSOLÓ GÉP TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI AZ ELEKTRÓDÁK CNC TECHNOLÓGIÁVAL VALÓ MEGMUNKÁLÁSÁVAL

POSSIBILITY OF DEVELOPING AN EDM EQUIPMENT, WITH CNC MACHINING OF ELECTRODES

Soós Ödön János[1], Soós Noémi Rita[2]

[1]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Cím: 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-742-700763, levelezési cím: soosodon@yahoo.com*

[2]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Cím: 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-745-858894, levelezési cím: noemi_soos@yahoo.com*

Abstract
For many years, spark-erosion processes have often been analyzed and controlled by real time detection and evaluation of discharges in the gap. Mostly, normal sparks, short circuits, arcs and open circuits were distinguished; few systems had more advanced features like discharge voltage noise detection facilities, particular arc type detections, etc.
After the spark-erosion process the electrodes have to be refurbished to be able to reuse them in the finishing process. The aim of this paper is to present and discuss new methods of refurbishing of the electrodes directly on the EDM machine. Due to this process we can eliminate possible positioning errors of the electrodes.

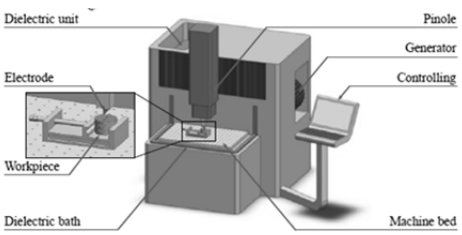
Keywords: *spark-erosion, dielectric, machining, electrodes*

Összefoglalás
A szikraforgácsolás alatt egy olyan megmunkálási folyamatot értünk, melynél a megmunkált darabról apró részecskéket távolítunk el elektromos ívkisülések segítségével. Ez a folyamat egy izoterm reakciót hoz létre az elektróda és a megmunkált darab között, ennek köszönhetően a megmunkált darab felveszi az elektróda formáját. Az eltávolított részecskéket a megmunkált felületről egy dielektrikus folyadék mossa le. Ennek a folyadéknak egy másik funkciója, hogy vezetőként szolgáljon, és hűtse a megmunkált részt.
Ezeknek a kisüléseknek a következménye, hogy az elektróda idővel megkopik. Ennek a helyrehozása az elektróda levételével jár a szikraforgácsoló gépről, és újra megmunkálásra szorul egy CNC maró-, avagy esztergagépen. Az elektróda levételével és utólagos visszahelyezésével pozicionálási hibák léphetnek fel, melyek a végtermék minőségét és pontosságát befolyásolják.
Ebben a dokumentumban a felsorolt hibák megelőzésére kidolgozott lehetséges megoldásokat mutatjuk be.

Kulcsszavak: *elektróda, szikraforgácsolás, megmunkálás*

1. Bevezetés a szikraforgácsolás folyamatába

A szikraforgácsolás alatt egy olyan megmunkálási folyamatot értünk, melynél a megmunkált darabról apró részecskéket távolítunk el elektromos ívkisülések segítségével. Ez a folyamat egy izoterm reakciót hoz létre az elektróda és a megmunkált darab között, ennek köszönhetően a megmunkált darab felveszi az elektróda formáját.

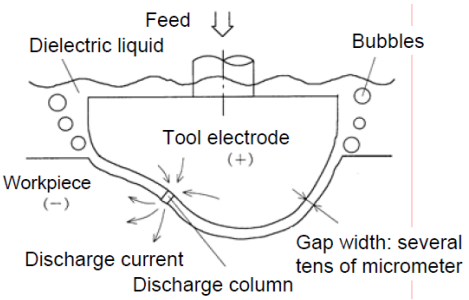


1. ábra. *EDM megmunkáló gép szerkezete [1]*

1.1. A szikraforgácsolás alkalmazása

A szikraforgácsolást széles körben használják, mint például:

- Szerszámgyártásra, bonyolult felületek megmunkálására kemény, nehezen megmunkálható anyagokba, fröccsentő szerszámok megmunkálására és simítására.
- Komplex darabok gyártásánál, melyeket nem lehet hagyományos módszerekkel megmunkálni.



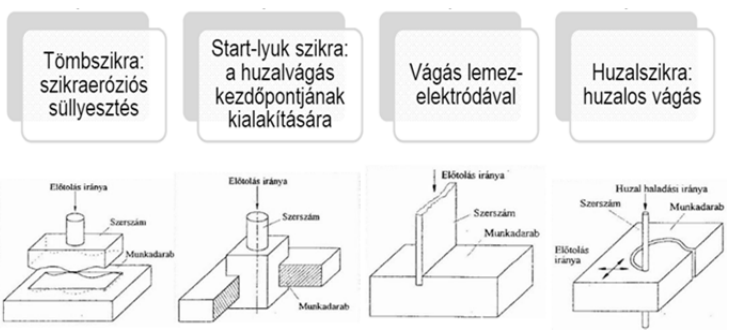
2. ábra. *Komplex darab matricába való égetése [2]*

- Eltört szerszámok eltávolítása drága darabokból (például matricába tört menetfúró).
- Szikraforgácsoló vágás (vágás huzalelektróddal), pontos és bonyolult alakzatok kivágásához.

1.2. Szikraforgácsolási technológiák felosztása

A szikraforgácsolási folyamatot több kategóriába lehet sorolni:

- Süllyesztéses szikraforgácsolás, matricák simítására és kialakítására használják.
- Start-lyuk szikra, kezdőpont kialakítására használják huzalvágás esetén.
- Vágás lemezelektródával, pontos szögek és vágások kialakítására használják.
- Huzalszikra, avagy vágás huzalelektródával, bonyolult útvonalak kivágására használják.



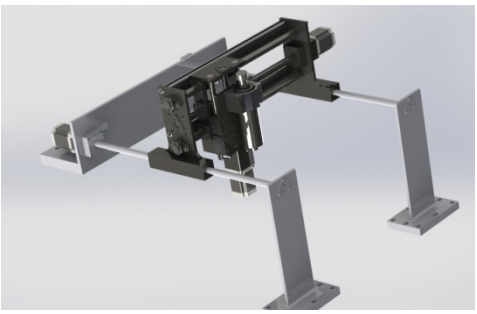
3.ábra. *Szikraforgácsolás felosztása [3]*

Szikraforgácsolásnál az elektróda és a munkadarab között ívkisülés megy végbe, melynek során a munkadarabról az anyagfelesleg eltávozik. Ezzel együtt a szerszám (elektróda) is veszít térfogatából [3].

Ennek következménye, hogy az elektróda egy idő után megkopik, és korrigálásra van szükség a megfelelő forma visszanyeréséhez. Hogy ezt meg lehessen valósítani, az elektródát le kell szerelni a szikraforgácsoló-gépről és egy CNC megmunkálógépre kell helyezni, hogy a megfelelő műveleteket el lehessen végezni rajta.

2. Szikraforgácsoló gép továbbfejlesztési lehetőségei

Az elektróda eltávolítása és megmunkálása utáni visszahelyezése a szikraforgácsoló gépre nehézségekkel járhat. Az elektródát megfelelő pozícióba és irányba kell helyezni ahhoz, hogy folytatni lehessen az elkopott elektóda miatt félbeszakított szikraforgácsolást.



4. ábra. *EDM megmunkaló átalakitási modell*

Az elektróda helytelen visszahelyezése hibás megmunkáláshoz vezet. Egy matrica megmunkálásánál ez nagy költségekkel jár, ennek elkerüléséért a következő megoldást tanulmányoztuk: hogy meg lehessen előzni az elektróda helytelen visszahelyezését a szikraforgácsoló gépre, az elektródát ugyanazon a gépen, ugyanabban a pozícióban kellene megmunkálni (kisebb javításokat végezni) is. Ennek a megvalósítása úgy lehetséges, ha egy CNC megmunkálógépet integrálunk a szikraforgácsoló gépbe.

Ennek a gépnek az integrálása több tényezőtől is függ, mint például a szikraforgácsoló gép asztalának a mérete, szerkezeti felépítése, stabilitása és struktúrája stb.

A CNC megmunkálógépet több lehetséges pozícióba lehet helyezni:

– A szikraforgácsoló gép asztalára merőlegesen, a megmunkáló szerszám (maró, fúró stb.) felfele mutasson.
– A szikraforgácsoló gép asztalával párhuzamosan (jobb vagy bal feléről). Ez az elektróda oldalainak megmunkálását teszi lehetővé. Ha szeretnénk megmunkálni az elülső felületet, akkor szükséges az elektródát elfordítani 90 fokba, az óramutató irányával megegyezően vagy ellentétesen, a CNC megmunkálógép elhelyezésétől függően.

Ennek a gépezetnek a megvalósítása szerkezeti változtatásokat igényel a szikraforgácsoló gépen. Ehhez számba kell venni a gép felépítését, és adott pontokban meg kell erősíteni, hogy stabilabbá tegyük a megmunkálás biztonsága érdekében. Minél stabilabb a megmunkálási folyamat, annál jobb, pontosabb eredményt érünk el az elektróda megmunkálásában.

3. Pozitívumok és negatívumok

Egy ilyen összetett gép több előnnyel rendelkezik, mint például:

– Az elektróda direkt megmunkálása szikraforgácsoló gépen, ezáltal kiküszöböljük a lehetséges elhelyezési hibalehetőségeket.
– Az elektródát ki lehet javítani, ha megkopik, anélkül, hogy levegyük a gépről.
– Az elektróda megmunkálásához csak egy gép szükséges.
– A megmunkálási idő az elektróda kijavításához csökken.
– Automatizálni lehet az elektróda kopásától függően, hogy mikor kerüljön sor az elektróda kijavítására.

Mint minden terméknek, egy ilyen gépnek is vannak hátrányai, mint például:

- A megmunkált elektróda forgácsa a szikraforgácsoló gép asztalára eshet, vagy akár a megmunkált darabra, ami károkhoz vezethet.
- Amíg az elektróda megmunkálása folyamatban van, addig a szikraforgácsoló gép nem termel.
- A szikraforgácsoló gép nagyobb helyet vesz igénybe.
- Nem minden elektródát lehet kijavítani.

4. Következtetések

A szikraforgácsolás költséges megmunkálási folyamat, ezért számon kell tartani a gép leállási idejét.

Egy ilyen gép előnyei tükröződnek a végső termék létrehozásakor, mivel kiküszöbölődnek a termék lehetséges pozicionálási és orientációs hibái. A szikraforgácsolási folyamat általában egy végső munkafázis, amely a végső terméket adja, és ennek eléréséhez nagy szerepe lehet egy hasonló szerkezetnek. Mivel nem minden elkopott elektródát lehet megmunkálni, hogy visszakapja funkcióját, fel kell mérni, hogy milyen típusú elektródákkal dolgozunk, és ha megéri egy ilyen összetett gép megvalósítása.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] F. Klocke, M. Holsten, L. Hensgen, A. Klink: *Experimental Investigations on Sinking EDM of Seal Slots in Gamma-TiAl*. Laboratory for Machine Tools and Production Engineering of RWTH Aachen University, Steinbachstraße 19, Aachen, Németország, 2014. 92–96.

[2] M. Kunieda, B. Lauwers és mások: *Advancing EDM through Fundamental Insight into the Process*. Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

[3] Biró Szabolcs: *Különleges technológiák.* Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, Gépgyártástechnológiai Szakcsoport, 1–27.

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 131–138. old.
http://hdl.handle.net/10598/29726
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.17

A DUÁLIS KÉPZÉS BEVEZETÉSÉNEK ELSŐ TAPASZTALATAI A NYÍREGYHÁZI FŐISKOLÁN

PRIMARY EXPERIENCES ON INTRODUCTION DUAL EDUCATION AT COLLEGE OF NYÍREGYHÁZA

Szigeti Ferenc[1], Dezső Gergely[1]

[1]*Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, H-4553, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b, +3642599400/+3642312825, szigetif@nyf.hu , dezsog@nyf.hu*

Abstract

Training effectively applicable in industry and market oriented is a requirement stated from long time ago for technical and other exercise demanding fields of higher education. Dual education is one of applicable solutions for realizing this according to international experiences. Dual education in mechanical engineering started in September 2015 at College of Nyíregyháza after a year of preliminary work. This process influenced among others training structure of the institution, system of application, and certain parts of education, significantly transformed our links with industrial partners, and brought a great change in our cooperation network with secondary educational institutes. Introduction of dual education played a key role in the fact that our institution can operate as university from the beginning of 2016. Our most significant experiences on introduction of dual education are presented here.

Keywords: *dual education, higher education*

Összefoglalás

A felsőoktatás műszaki és más gyakorlatigényes területein régóta megfogalmazott igény a versenyszférában hatékonyan alkalmazható, piacképes képzés megvalósítása. A nemzetközi tapasztalatok szerint ennek egyik alkalmas eszköze a duális képzés. A Nyíregyházi Főiskolán csaknem egyéves előkészítő munkát követően 2015 szeptemberében indult el a duális képzés a gépészmérnök szakon. Ez a folyamat érintette többek között a Főiskola képzési szerkezetét, a felvételi rendszert, a képzés egyes tartalmi és formai részeit, jelentősen átformálta a vállalati partnerekkel kialakult kapcsolatrendszert, komoly változást hozott a térség középiskoláival kiépített együttműködésekben. A duális képzés bevezetésének jelentős szerepe volt abban, hogy intézményünk 2016 januárjától egyetemként folytathatja a munkáját. Itt bemutatjuk a duális képzés bevezetése során megszerzett legfontosabb tapasztalatainkat.

Kulcsszavak: *duális képzés, felsőoktatás*

1. Bevezetés

A duális képzés magyarországi és nemzetközi tapasztalatai alapján kimutathatók azok a fontos eredmények, amelyek e képzési forma továbbfejlesztését és a felsőoktatásba való beépítését alátámasztják [1, 2].

Az egyik legfontosabb állítás, hogy a duális formában, a munkaadókkal együttműködésben megvalósított képzések minden szereplő számára előnyösek. Nem sza-

bad figyelmen kívül hagyni, hogy ez csak megfelelően előkészített, szilárd elvi alapokra épített képzés esetén érvényes. Különös figyelmet érdemel a hallgatók kiválasztásának módszertana, a képzés elméleti és gyakorlati tartalmának gondos összehangolása, továbbá jelentős szerepe van a folyamatban az államnak a képzést segítő jogszabályi feltételek kialakításával.

A felsőoktatási intézmények Magyarországon jellemzően sokrétű, de informális kapcsolatokkal rendelkeznek a versenyszférával. Jelentős fejlesztésekre van szükség a gazdaság és a felsőoktatás integrációja terén annak érdekében, hogy a kapcsolatrendszer intézményessé váljon, és alapját képezhesse közös projekteknek az oktatás terén is.

A magyarországi és külföldi bevált módszerek megismerése hasznos, ugyanakkor hasznosításuk adaptáció által lehetséges. Szükség van arra, hogy a magyarországi oktatási, akkreditációs viszonyokra és a gazdaság állapotára illeszkedő, saját modellek jöjjenek létre. Felsőoktatási szakemberek szerint minden egyes intézménynek a partneri körével együttműködve kell kialakítania a saját speciális duális képzését. A jogszabályi keretek betartása mellett ez érvényes lehet a képzés formai és tartalmi részeire, az anyagi feltételekre, az adatok és információk megosztására, az egyes szereplők speciális feladataira egyaránt.

Magyarországon a főváros helyzete különleges. Ezért a fővárosi és vidéki intézményekben várhatóan lényegesen eltérő lehet a hatékonyan működő duális képzés stratégiája. Tekintettel arra, hogy a duális képzés kialakításában a helyi gazdaság szereplői és feladatvállalása lényeges bemeneti tényező, figyelembe kell venni többek között a vállalatok technológiai fejlettségét, szervezetükből adódó lehetőségeiket (pl. leányvállalat vagy országos központ), innovációs készségét és lehetőségeit, munkaerőigényét, amely tényezők nagy sokszínűséget mutatnak régiónként, de még településenként is.

Mindezek alapján a Nyíregyházi Főiskola (2015. jan. 1-től Nyíregyházi Egyetem) duális képzéseinek tapasztalatait két csoportra kell osztani. A képzés indítása előtti, előkészítő fázis már lezárult, és számos fontos tapasztalattal gazdagította a szereplőket. A képzés indítását követő tapasztalatok jelenleg is folyamatosan gyarapodnak, ugyanakkor már látszanak fontos eredmények.

2. Előzetes tapasztalatok

Magyarországon a duális képzés jelen van a középfokú szakképzésben és a felsőoktatásban.

A középfokú szakképzés duális formája Magyarországon több évtizedes hagyományokkal rendelkezik. Nem számít újdonságnak az, hogy a tanulók vállalatoknál teljesítik a gyakorlataikat, hogy szerződéses jogviszonyban állnak a partnervállalattal, és az sem, hogy tanulmányaik befejeztével a munkaerőpiaci elhelyezkedésüket is segítheti a képzés során kialakított kapcsolatrendszer. Ismert volt az a tapasztalat is, hogy az eredményes képzés érdekében jól együtt kell működnie az iskolának, a partnervállalatnak és a tanulónak. A hosszú idő óta jól bevált képzési forma mellett számos érv szól, ugyanakkor az idő magával hozott néhány keserű tapasztalatot is, amely a vállalatok visszaéléseivel vagy a tanulók nem megfelelő hozzáállásával voltak kapcsolatosak.

A magyar felsőoktatásban a duális képzés újdonságnak számít. Nem tévesztendő össze azokkal a hosszabb-rövidebb szakmai gyakorlatokkal, tanulmányi programokkal, amelyek mindig is részei voltak a képzési programoknak.

A duális képzés lényeges vonása, hogy a pedagógiai, tartalmi tervezési folyamattól kezdve a képzés szervezéséig és megvalósításának minden mozzanatáig a duális képzésben részt vevő vállalati partner a képzés alanya. A felsőoktatás és a gazdaság szerep-

lőinek intézményi szintű összefogásával olyan, felsőfokú képzésre alkalmas struktúra jön létre, ami korábban nem volt Magyarországon. Mindkét szereplőnek fejlődési folyamaton kell keresztülmennie ahhoz, hogy a duális képzés megvalósulhasson, és elérje célját. Ebben a folyamatban szerepet játszik a társadalmi környezet.

Magyarországon a Kecskeméti Főiskola volt a felsőoktatási duális képzés létrehozásának kezdeményezője. 2016-ban kapják meg a diplomájukat azok a hallgatók, akik elsőként kerültek be a Kecskeméti Főiskolán a duális képzési programba.

Azóta már szinte minden felsőoktatási intézmény indított duális képzést, de jelentősek az eltérések abban, hogy hány szakon indult ilyen képzés, és a megvalósításban is. A jelenlegi helyzetet a [3] forrás mutatja.

A Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézetében elsőként a *gépészmérnök szakon* indult el a duális képzés 2015 szeptemberétől, amelynek főbb motivációi a következők voltak: az intézetben a gépészmérnök szak a leginkább gyakorlatigényes, ezen a szakon van legnagyobb szükség a gyakorlatorientált képzésre. Duális képzés iránti igényüket partnervállalataink is egyre nagyobb számban fejezték ki. Továbbá feltételeztük, hogy a duális képzési forma szorosabb kapcsolat kiépítését segíti elő partnervállalatainkkal, ill. lehetővé teszi a beiskolázási mutatóink javítását is.

A duális képzési formára történő áttérés szükségességét a 2015-ben publikált „Macro-Talent kutatás 2015-17” [4] eredményei is alátámasztják. Az országos kutatás 500 vállalat írásbeli válaszait, közép- és felsővezetői interjúkat, valamint a felsőoktatásra vonatkozó nyilvánosan elérhető adatbázisokat és szakanyagokat vett górcső alá. Ebből kiderült, hogy a cégek szerint a jelenlegi pályakezdő diplomások problémásak, ezért újabban nem szívesen alkalmazzák őket, minimálbérért sem. Kevés nyitott pozíció szól pályakezdőknek, még a hiányolt gépészmérnököknél is csak kb. 20%, a villamosmérnököknél 17-18% arányú álláshirdetés jelzi a keresletet. A vállalatok véleménye szerint a munkatapasztalat a nyelvtudásnál is fontosabb lenne! A vállalatok által a pályakezdő diplomások részéről leginkább hiányolt készségek, személyes tulajdonságok: problémamegoldó képesség, szakmai elhivatottság, önálló munkavégzés, kreativitás, kommunikációs készségek („soft skillek”), ill. a friss diplomások jelentős önbizalomhiányban szenvednek. A kutatás fontos következtetése, hogy a diákoknak tanácsos lenne még a munkába állás előtt tapasztalatot, gyakorlatot szerezni, bekapcsolódni a gyakornoki programokba és fejleszteni magukat az ún. „soft skillek” megszerzésében!

A felvetett problémára a duális képzési rendszer felsőoktatásban való bevezetése és elterjesztése jelenthet igazi választ, ezért is fontos, hogy a Nyíregyházi Főiskola gyakorlatigényes, mérnöki szakjain minél hamarabb megtörténjen a duális képzési formára történő átállás.

3. A Nyíregyházi Főiskola gépészmérnök szakán folyó duális képzés lényege, főbb jellemzői

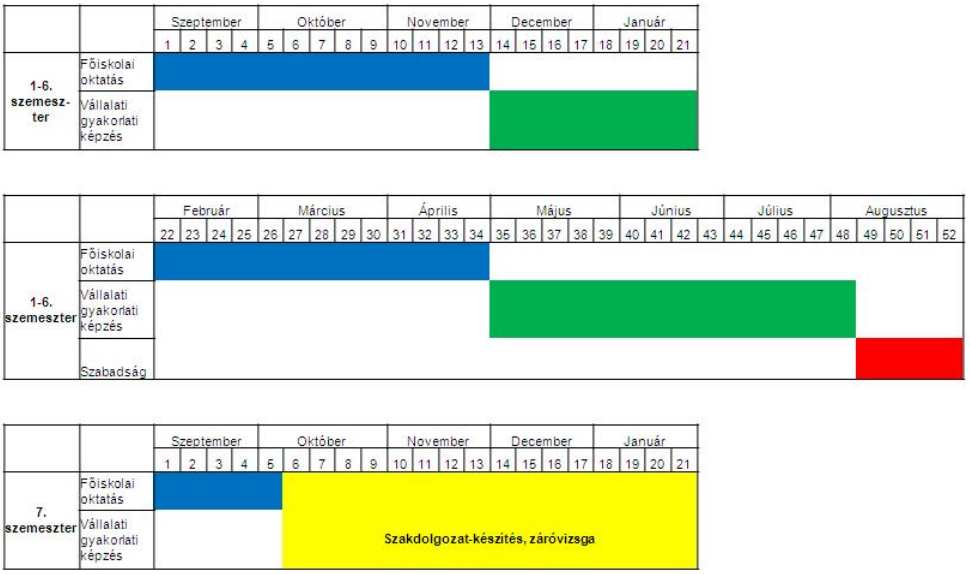
A duális képzés a felsőoktatás és a vállalatok együttműködésével megvalósuló speciális gyakorlatorientált felsőoktatási képzés. A gyakorlatigényes alapképzési szakon folytatott képzés azon formája, amelyben a szakmailag minősített vállalatoknál folytatható gyakorlati képzések tantervi tartalmuknál, struktúrájuknál és a vállalatoknál töltendő, megnövelt óraszámuknál fogva növelik a hallgatók szakmai kompetenciáját, vállalati üzemeltetési ismereteit és vállalati kultúráját (**1. ábra**).

1. ábra. *A duális képzés elemei*

Legfontosabb jellemzője, hogy az elméleti képzés a főiskolán, a gyakorlati képzés az együttműködő vállalkozásnál folyik, amelynek során a hallgatók közel ugyanannyi időt töltenek a vállalatnál, mint a felsőoktatási intézményben (**1. ábra**). A hallgatók a duális képzés során a leendő gépészmérnöki szakképzettségüknek megfelelő munkahelyen és munkakörben összekapcsolják a főiskolán szerzett elméleti ismereteket a partnervállalatnál elsajátított gyakorlati ismeretekkel. A vállalati gyakorlati képzés során lehetőség nyílik a munkafolyamatokban a gépészmérnöki feladatkörök gyakorlásához szükséges munkavállalói kompetenciák (önálló munkavégzés, kreativitás, problémamegoldó képesség, projektszemlélet stb.) fejlesztésére. A hallgatók így gyakorlati jártasságot szereznek az anyag-, eszköz- és technológiai ismeretekben, fejlesztik a munkafolyamatokban a személyi kapcsolatokat és az együttműködést („soft skillek”: kommunikációs készségek, beilleszkedés, csapatmunka, projektszemlélet stb.). A duális hallgatók a főiskolai anyagon túl lényegesen több gyakorlati tapasztalatra tesznek szert, ezért munkaerőpiaci esélyeik nagymértékben megnőnek.

Nem elhanyagolható előny az sem, hogy a duális hallgatók a teljes tanulmányi időre (3,5 év) – hallgatói munkaszerződéssel – anyagi juttatást kapnak!

A duális képzés legfontosabb előnyeként kiemelhető, hogy a végzett hallgató a képzési folyamat végén ipari gyakorlattal rendelkező gépészmérnökként áll rendelkezésre a munkaerőpiacon.



2. ábra. *A duális képzés időbeosztása a Nyíregyházi Főiskolán*

A **2. ábra** a duális képzés modelljét, időbeosztását mutatja be. Ebből kiderül, hogy a hallgatók a főiskolán folytatott, 13 hétig tartó elméleti képzés után az őszi félévben 8 hét, a tavaszi félévben 14 hét gyakorlatot teljesítenek a vállalatnál, így a hallgatók közel ugyanannyi időt töltenek a vállalatnál, mint a felsőoktatási intézményben.

A duális képzésnek számos *előnye* van *hallgatói oldalról*, amelyek a duális képzésben való részvételre ösztönzik a hallgatókat. A legfontosabb előny, hogy a növelt óraszámú gyakorlati képzés eredményeként számottevően növekszik a hallgatók szakmai kompetenciája (jelentős vállalati gyakorlatra, munkatapasztalatra tesznek szert), így sokkal kelendőbbek lesznek a munkaerőpiacon, ipari gyakorlattal rendelkező gépészmérnökként. Továbbá a vállalatok a hallgatóval munkaszerződést kötnek, a képzés teljes ideje alatt (3,5 év) díjazzák a hallgatókat, amely havonta a minimálbér legkevesebb 60%-a (mintegy 60-70 ezer Ft/hó). A duális képzés kemény kihívást, sok pluszmunkát jelent számukra, ám cserébe vonzó és biztos elhelyezkedési lehetőséget is garantál.

A duális képzésnek több *pozitív hozadéka* van *vállalati oldalról* is. A vállalat számára legfontosabb, hogy lehetőség nyílik a vállalat igényei szerinti képességfejlesztésre, megvalósulhat az eddig hiányolt ismeretek átadása, és a képzési idő alatt, 3,5 éven keresztül egy flexibilis munkaerő áll a vállalat rendelkezésére. Jó esély van arra, hogy a duális képzési folyamat végén, amennyiben vonzó álláslehetőséget kínál, hosszabb távon is értékes munkatársat kaphat a vállalat, hiszen pályakezdőként ugyan, de már a szükséges vállalati gyakorlattal rendelkező mérnök állhat majd munkába. A duális képzés szervezése, az elméleti és a gyakorlati képzési programok egyeztetése szükségessé teszi a főiskola és a vállalat közvetlenebb kapcsolattartását, amely elősegítheti a K+F tevékenység intenzívebbé válását, a főiskolával való együttműködés erősítését.

A duális képzés vállalati gyakorlati szakaszának eredményes lebonyolítása érdekében megfogalmaztuk duális vállalati partnereinkkel szembeni elvárásainkat, amelyek az alábbiakban foglalhatók össze:

– a főiskola elméleti képzési programjával összehangolt és egyeztetett gyakorlati képzési program végrehajtása, érdemi gyakorlati képzési feladatok kiadása;
– a hallgató mentorálása, fokozatos bevonása a vállalati és projektfeladatok megoldásába;
– a vállalati környezet (termékek, folyamatok, eszközök, berendezések) megismertetése;
– gyakorlati ismeretek, tapasztalatok átadása;
– szakmai készségek (szoftverek, eljárások, projektszemlélet, problémakezelés, -megoldás stb.) fejlesztése;
– szakmai nyelvtudás fejlesztése;
– élő, aktuális üzemi feladatok (szakdolgozati témák, évközi gyakorlati feladatok) kiadása;
– a hallgató értékelése, rendszeres visszajelzés a duális hallgató teljesítményéről, előrehaladásáról;
– a főiskola nagyobb mértékű bevonása a vállalati K+F tevékenységbe.

A vállalat és a főiskola közötti oktatási együttműködési kapcsolat kereteit a duális képzésről szóló együttműködési megállapodás határozza meg, amely tartalmazza a duális képzés időtartamát, a duális képzésben érintett hallgatók előzetes jelentkezésére és kiválasztására vonatkozó szabályozást, az együttműködés módját, a gyakorlati képzés kereteit, a főiskola és a vállalati partner kötelezettségeit.

4. A duális képzés szervezésének feladatai

A duális képzés vállalati gyakorlatainak előkészítési szakaszában legfontosabb feladat a képzés elméleti és gyakorlati tartalmának gondos összehangolása. Ennek érdekében a gyakorlati képzést megelőzően (ősszel november végéig, tavasszal április végéig, **2. ábra**) el kell végezni a főiskolai és vállalati oktatók közreműködésével a gyakorlati képzési programok tervezését. Ehhez meg kell ismertetni a vállalati gyakorlati oktatókkal a főiskolai elméleti képzési programokat, a duális képzés elméleti szakaszának részletes tantervét, és ez alapján kell a vállalat szakembereinek, gyakorlati oktatóinak elkészíteniük a főiskolai oktatókkal egyeztetve az üzemi gyakorlati képzési programokat (üzemi tematikákat), amelyeknél figyelembe kell venni a következőket:

– A vállalati képzési programnak építenie kell a főiskola tantervére, a hallgató tudásának, készségeinek, kompetenciáinak félévről félévre való felépülésére, és így egy folyamatosan fejlődő gyakorlati képzést kell jelentenie a hallgató számára.
– A vállalati programnak rugalmasnak kell lennie, és alkalmazkodnia kell a vállalatok különbségeihez, a vállalati folyamatok, technológiák, eljárások, technikai felszereltség, személyi feltételek figyelembe vételével vállalatspecifikus programokat kell készíteni.
– Az üzemi programnak reagálnia kell mindazon hiányosságokra, amelyeket a vállalati szereplők a jelenlegi felsőoktatás kapcsán érzékelnek és jeleznek.

Ennek megfelelően a gépészmérnök szak gyakorlati képzésében részt vevő vállalat képzési tervének tartalmaznia kell:

– a gépészmérnök szak szakmai tárgyaihoz kapcsolódó üzemi gyakorlati programot (üzemi tematikák), a hallgató szakmai tapasztalatainak bővítését célzó konkrét üzemi gyakorlati feladatokat;
– önálló projekt jellegű munkákat;
– kompetencia- és készségfejlesztést, „soft” készségek elsajátítását célzó üzemi programot (pl. vezetési készség, kommunikációs gyakorlat, projektvezetés, szakmai idegen nyelvi készség stb.), külön tan-

tárgyként vagy a szakmai tárgyakhoz kapcsolódóan.

A vállalati képzési tervek (munkaterv) kidolgozása során a főiskola feladata:

– a szakmai és adminisztrációs támogatás biztosítása (a főiskolai és vállalati oktatók, szakfelelősök tájékoztatása, együttműködésük elősegítése);
– biztosítani kell a szakmai ellenőrzést, egyeztetést (kapcsolat biztosítása a főiskolán tanultak és a vállalati tanterv között a megfelelő „lépcsőzetes", fokozatos előrehaladás és egymásra épülés érdekében).

A vállalati képzési terv (munkaterv) kidolgozásán túl a vállalat feladata még az üzemi gyakorlati képzés szervezése, az üzemi mentorok kijelölése, továbbá a duális hallgató gyakorlati tevékenysége, értékelési módszertanának kidolgozása.

A főiskola duális képzés szervezésével kapcsolatos feladatai az alábbiak szerint foglalhatók össze:

– a duális képzés pontos időbeosztásának kialakítása;
– szabályzatok (pl. TVSZ, SZMSZ, belső szabályzatok stb.) áttekintése, módosítások;
– a vállalat támogatása (szakmai támogatás, egyeztetése);
– folyamatos kommunikáció biztosítása a vállalattal;
– a duális hallgatók mentorálása, támogatása;
– vállalati visszajelzések gyűjtése, értékelése, felhasználása.

5. A duális képzés kiszélesítése a Nyíregyházi Főiskolán, felvételi eljárás

A duális képzés a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézetében elsőként a gépészmérnök szakon kezdődött el a 2015/16-os tanévtől. A duális képzés keretében 8 vállalati partnernél 12 duális hallgató kezdte meg tanulmányait 2015 szeptemberétől. A gépészmérnök szakon ez a képzési forma folytatódik a 2016/17. tanévben is, 10 vállalati partner bevonásával.

A duális képzési formára való áttérés a gyakorlatigényes szakokon a Nyíregyházi Főiskola stratégiai célkitűzései között szerepel. Ennek megfelelően 2016 novemberében az alább felsorolt 3 újabb szakon kidolgozásra került a duális képzés programja, és 2016. szeptemberi indítással megtörtént a képzési programok akkreditálásra történő benyújtása:

– közlekedésmérnök szak (4 vállalati partnerrel);
– mezőgazdasági és élelmiszeripari gépészmérnök szak (3 vállalati partnerrel);
– gazdálkodás és menedzsment szak (12 vállalati partnerrel).

A duális képzési szakokra való jelentkezés a felvételi eljárásban két, egymással párhuzamos szakaszból áll: az állami, általános felvételi eljárásból – amely semmiben sem különbözik a nem duális szakokra való jelentkezéstől – és egy vállalati felvételi szakaszból (**3. ábra**).

3. ábra. *Felvételi eljárás folyamata*

A duális képzésre való jelentkezés menete a következő:

A végzős középiskolások 2016 februárjáig jelentkezhetnek a Nyíregyházi Főiskola által 2016-ban hirdetett szakokra a duális képzés megjelöléssel! (Az intézmények lábjegyzetben jelzik, ha egy szak a hagyományos mellett duális formában is indul.) A Nyíregyházi Főiskolára a duális szakra je-

lentkező hallgatónak közvetlenül kell jelentkeznie (2016. máj. 31-ig) a www.dualisdiploma.hu oldalon, a Nyíregyházi Főiskolánál feltüntetett duális vállalati partnernél egy vagy több céghez duális képzésre.

Jelentkezést követően a cég felvételi elbeszélgetés keretében felvételizteti a hallgatót (2016. június 30-ig).

A cég a felvételi eredményét közli a hallgatóval és a Nyíregyházi Főiskolával (2016. júl. 5-ig).

Ha a duális cégnél betöltetlen hely marad, akkor 2016. júl. 23. – szept. 1-ig új felvételi és pótfelvételi eljárást hirdetünk a duális szakra felvettek számára. További részletes információ a duális képzésről [3, 5] oldalakon.

6. Következtetések

A felsőoktatásban a duális képzési formára történő áttérés szükségességét a gyakorlatigényes szakokon számos kutatás, tanulmány támasztja alá, ill. Magyarországon az oktatási kormányzat kiemelt célkitűzései között szerepel. Felismerve a duális képzés társadalmi és gazdasági jelentőségét, valamint e képzési formának a vállalatok, a főiskola és a hallgatók oldaláról jelentkező előnyeit, a Nyíregyházi Főiskola elindította a duális képzést 2015 szeptemberétől elsőként a gépészmérnök szakon, 2016-tól pedig további 3 szakon.

A duális képzés sikerességét jelentősen befolyásolja, hogy milyen mértékben valósul meg a képzés elméleti és gyakorlati tartalmának összehangolása. A duális képzés akkor lesz eredményes, ha a vállalati képzési program épít a főiskola tantervére, a hallgató tudásának, készségeinek, kompetenciáinak félévről félévre való felépülésére, kellően rugalmas, és alkalmazkodik a vállalatok különbségeihez, ill. reagál mindazon hiányosságokra, amelyeket a vállalatok a jelenlegi felsőoktatás kapcsán érzékelnek és jeleznek. A megfelelő vállalati képzési tervek kidolgozásához és megvalósításához a főiskolának biztosítania kell a széles körű szakmai és adminisztrációs támogatást, a vállalati és főiskolai oktatók folyamatos egyeztetését, együttműködését, a program végrehajtása során a segítő szakmai ellenőrzést, folyamatos kommunikációt. Ugyanakkor gondoskodni kell a duális hallgatók főiskolai és vállalati mentorálásáról is.

Köszönetnyilvánítás

Ennek a publikációnak az elkészítését és megjelenését a TÁMOP-4.1.1.F-14/1/KONV-2015-0007 „NYÍR-DUÁL” – A felsőoktatás területi, társadalmi, gazdasági szerepének fejlesztése Kelet-Magyarországon című pályázati projekt támogatta!

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Battersea Tanácsadó, Szolgáltató Kft: *Kutatás-fejlesztési tevékenység megvalósítása jó gyakorlatként azonosított magyarországi és külföldi duális képzési programok elemzése és a kutatáshoz kapcsolódó fejlesztések kapcsán*. Kutatási tanulmány, 2014. www.dualisdiploma.hu (letöltés: 2015. január 8.)

[2] *Duális képzéssel a munka világában – a duális szakképzés Magyarországon*. 2015. Magyar Kereskedelmi és Iparkamara.

[3] www.dualisdiploma.hu

[4] *Cégvélemény: nem elég elhivatottak a pályakezdők*. Kelet-Magyarország. Állás, oktatás Magazin. 2015. augusztus. p.17.

[5] www.nyf.hu/nyirdual

XVI. Műszaki Tudományos Ülésszak, 2015. Kolozsvár, 139–144. old.
http://hdl.handle.net/10598/29727
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.18

A DUÁLIS KÉPZÉSI PROGRAMOK FEJLESZTÉSÉNEK MÓDSZERTANI ÉS OKTATÁSSZERVEZÉSI KÉRDÉSEI

METHODOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL QUESTIONS OF DEVELOPING DUAL EDUCATIONAL PROGRAMS

Szigeti Ferenc[1], Dezső Gergely[2], Kósa Péter[3]

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, H-4553, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b, +3642599400/+3642312825, [1]szigetif@nyf.hu, [2]dezsog@nyf.hu

Abstract
Introducing dual education to higher education requires not only ensuring legal background, providing financial resources and cooperation with members of industrial sector, but developing training programs corresponding to conditions of the new form of education. This means tasks on content and form of education, and pedagogical methodology. The whole process must be reconsidered, because new priorities arised in objectives and new participants attended to the education. Both international and inland experiences show that lack of eligible considering and plan of dual education cause problems what can be avoided today. In this paper we present main methodological and pedagogical organizational challenges solved during introduction of dual education at University of Nyíregyháza. Dual education in mechanical engineering has been started since September of 2015, and established in other programs at University of Nyíregyháza.

Keywords: *dual education, higher education, training program*

Összefoglalás
A duális képzések megszervezése a felsőoktatásban megkívánja a jogszabályi háttér megalkotásán, a pénzügyi feltételek biztosításán, a versenyszféra szereplőivel való megegyezésen túl olyan képzési programok kifejlesztését, amelyek megfelelnek az új típusú képzési forma feltételeinek. Ez tartalmi, oktatásszervezési és pedagógiai módszertani feladatokat is jelent. Tekintettel arra, hogy a képzési folyamat célrendszerében új prioritások jelennek meg, és arra, hogy a tanítási-tanulási folyamatban új szereplők vállalnak feladatokat, alapjaitól kell átgondolni azt. Nemcsak külföldi, de már magyarországi tapasztalatok is megerősítik, hogy a nem kellő körültekintéssel felépített duális képzés számos olyan nehézséget okoz minden résztvevőjének, amelyek ma már elkerülhetők. Dolgozatunkban bemutatjuk a Nyíregyházi Főiskolán elindított duális képzések bevezetése során megoldott, a képzési program fejlesztésével kapcsolatos főbb módszertani és oktatásszervezési kérdéseket. 2015 szeptemberétől a gépészmérnök szakon indult, a következő tanévtől pedig több más szakon is indul duális képzés a Nyíregyházi Főiskolán.

Kulcsszavak: *duális képzés, felsőoktatás, képzési program*

1.Bevezetés

A magyarországi Duális Képzési Tanács meghatározása szerint „a gyakorlatigényes alapképzési szakon folytatott képzés azon formája, amelyben a szakmailag minősített vállalatoknál folyó gyakorlati képzések tantervi tartalmuknál, struktúrájuknál és a vállalatoknál töltendő, megnövelt óraszámuknál, valamint a megszerzett munkatapasztalatnál fogva növelik a hallgatók szakmai kompetenciáját, vállalati ismereteit és erősítik a kultúráját, mivel a duális képzés esetében a közreműködő vállalat előre meghatározott módon a felsőoktatási intézmény tananyagához szorosan illeszkedve, formálisan is oktatja a hallgatókat a képzés során" [1]. Jellemző a duális képzésre, hogy a felsőoktatási intézményben oktatott elméleti és a vállalatnál oktatott gyakorlati képzés között kapcsolatnak kell lennie. A vállalatnál megvalósított gyakorlat fő jellemzői a specifikus ismeretek elsajátítása, a hallgató bevonása az üzemi gyakorlatba, projektfeladatokba, továbbá az ún. puha (soft) készségek elsajátítására biztosított lehetőség.

A felsőoktatási intézmények és a gazdaság szereplői által megvalósított kooperatív képzések csoportosíthatók az oktatásban történő szerepvállalás és együttműködés mélysége szerint [2]. Az ún. együttműködésen alapuló kooperáció az oktatásnak csak részterületeit érinti, nem feltételez intézményesített együttműködést, esetleges is lehet. A képzést támogató kooperáció szintjén a képzés helyszíne továbbra is a felsőoktatási intézmény, de a vállalat eszközökkel és szakmai anyagokkal rendszeresen támogatja azt, esetenként a magasabb szintű támogatásért cserébe csekély mértékben beleszólást nyer a szakmai munkába. Az opcionális duális képzési modellben a felsőoktatási intézmény hallgatóinak egy része olyan képzésben vesz részt, amelyet az intézmény egy vállalattal közösen tervez és valósít meg. A hallgatók másik része azonban nem vesz részt a duális képzésben, számukra a felsőoktatási intézmény továbbra is biztosítja a hagyományos képzést. Ebbe a kategóriába tartozik a Nyíregyházi Főiskolán elindított duális képzés is. Ismert a duális képzés hálózatos modellje, amely bizonyos körülmények között jó alternatíva, és sajátos jellemzői vannak a többi módszerrel szemben. A kooperáció legmélyebb formája az integrált duális képzés, amely a vállalatok és a felsőoktatás között úgy osztja meg a feladatokat, hogy a hagyományos képzéshez képest a felsőoktatási intézmények teljes mértékben lemondanak bizonyos, a gyakorlati képzéshez kapcsolódó funkcióikról (például a hallgatói laborok működtetéséről, számos eszközről, az azokhoz rendelt humán erőforrásról), mert azokat teljes mértékben a vállalatok biztosítják a képzés számára. Ebben a modellben minden hallgató részt vesz a duális képzésben. Nyilvánvaló, hogy az ilyen képzés megvalósítása átfogó gazdaság- és oktatáspolitikai megközelítést igényelne.

A Nyíregyházi Főiskolán elsőként, a 2015/2016-os tanévben a gépészmérnök szakon vezettük be a duális képzést. A következő tanévben újabb duális szakok indulnak műszaki és közgazdaságtudományi területeken [4].

Ebben a beszámolóban a gépészmérnök szak duálissá alakításának tapasztalatairól esik szó. A duális képzési program kifejlesztésének folyamatát mutatjuk be, különös tekintettel azokra a vonásokra, amelyek sajátosak a hagyományos képzéshez viszonyítva.

A sajátos vonások elsősorban a következő körülményekből adódnak:

– a képzést az főiskola egy vállalati partnerrel együtt valósítja meg;
– a képzési és kimeneti követelményrendszernek maradéktalanul teljesülnie kell a duális képzésben részt vevő hallgatók esetében is;

– a hallgatók nemcsak az főiskolával, hanem a vállalattal is jogviszonyba kerülnek;
– a képzés során az elméleti és a gyakorlati tananyag tartalmának és időbeli ütemezésének is összhangban kell állnia.

A képzési program fejlesztése az opcionális duális képzési modellből adódóan elsősorban a vállalati képzési programok megalkotását jelenti, ugyanakkor ezenfelül számos egyéb feltételt is meg kellett teremteni a képzés megvalósíthatósága érdekében.

2. A képzési program peremfeltételei

A magyarországi felsőoktatási itnézmények többségéhez hasonlóan a Nyíregyházi Főiskolára sem jellemző a bőséges oktatói humánerőforrás-ellátottság, ezért arra törekedtünk, hogy a duális képzés bevezetése minimális oktatói erőforrást kössön le. Ezért is tartottuk célszerűnek az ún. kecskeméti modell [3] adaptálását. Ebben a struktúrában az elméleti ismeretek elsajátítása a hagyományos képzésben részt vevő hallgatókkal együtt zajlik. Így a tantárgyi programok lényegében nem igényeltek változtatást.

A duális képzési program fejlesztésének súlypontja a vállalati képzési programok elkészítésén volt. Itt viszont több, egymást feltételező feladatot kellett megoldani párhuzamosan, viszonylag rövid idő alatt..

3. A képzési program felépítésének folyamata

Az **1. ábra** vázolja azt a folyamatot, amelyen érdemes végighaladni a duális képzés vállalati gyakorlati programjának felépítése során. Elképzelhető, hogy a főiskolai oktatók vagy a vállalat munkatársai ezt túlzásnak érzik, de fontos tudni, hogy a képzés megvalósítási szakaszában már nincs lehetőség ilyen szintű és mélységű tervezésre. Ennek elmaradása akár félreértésekhez, konfliktusokhoz is vezethet, amelyek aláássák a duális képzés megfelelő megvalósítását.

A táblázat üzenete röviden így foglalható össze: *jól meg kell ismernie egymást a képzést végző két képzőhelynek, és minél alaposabban át kell gondolniuk, kinek mi a feladata.* Ezeket a feladatokat nem csupán maguk között egyeztetve alakítják ki, hanem jogszabályok, és az egymással, valamint a hallgatóval kötött szerződések is szabályozzák azokat. Ebben a vállalat vezetésének is komoly feladata van. Később, az operatív szakaszban a jól elkészített munkaterv esetén a vezetést már lényegében nem terheli a duális képzés.

Az **1. ábra** első sorának harmadik oszlopában olvasható a *témalista* kifejezés. Ezt érdemes megmagyarázni. Olyan tevékenységek felsorolását jelenti, amelyek
– a vállalatnál önálló munkaegységként kezelhetők,
– nincs jogi akadálya a képzésbe való bevonásnak (pl. titoktartás, különösen veszélyes munkakör stb.),
– az főiskola oktatójával egyeztetve ráépíthető az főiskolai akadémiai képzésre.

A témalistában szereplő tételekre példák az alábbiak: műhelyrajz készítése, raktárban anyagok, alkatrészek kiválasztása, forgácsolási művelet elvégzése, hegesztési utasítás készítése (de a hegesztés elvégzése jellemzően nem tartozik ide, mert ahhoz megfelelő minősítés szükséges), villanymotor karbantartása, mérések elvégzése (kézi, műszeres, egyedi, sorozat, pl. hosszúság, felületi érdesség, keménység, mikroszkópos ellenőrzés stb.), prezentáció készítése egy projektről a vállalat vezetése számára, árajánlat készítése. Ezek a tevékenységek mind mentori felügyelet mellett zajlanak. A témalista az főiskolai oktatók üzembejárása, valamint a vállalat szakembereivel történő egyeztetések során alakul ki. Egyelőre nem rendezett. Ezek a „témák” lesznek a gyakorlati képzési program építőkövei.

3.1. Szakmai megalapozás

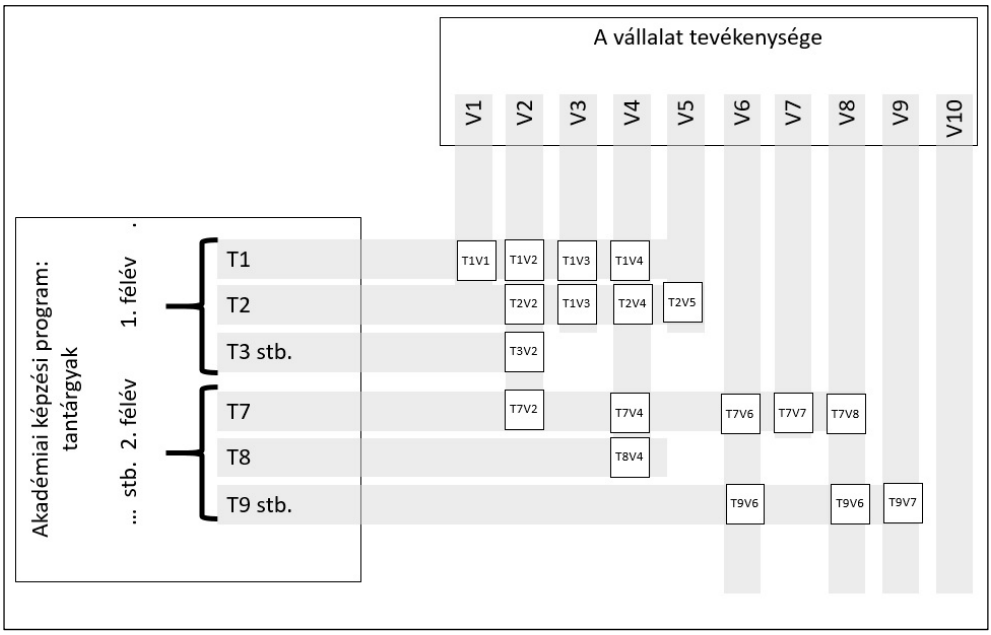
A vállalatok és a főiskola szakembereinek kölcsönösen meg kellett ismerniük egymás szakmai tevékenységét, módszereit. Bár a duális képzéshez csatlakozó vállalatokkal volt előzetes szakmai kapcsolata az intézetünknek, az általában egy-egy speciális feladatra korlátozódott. A duális képzés szakmai megalapozásához azonban teljes áttekintést kellett kapniuk a főiskola oktatóinak a vállalatok szakmai munkájáról, a vállalatok szakembereinek pedig a főiskola képzési programjáról. Ezt szakmai kerekasztal beszélgetésekkel és üzemlátogatásokkal valósítottuk meg. Tapasztalatunk szerint ez egy idő- és emberierőforrás-igényes feladat. Ezért nagyobb kihívást jelentett annál, ahogy azt eredetileg gondoltuk. Ugyanakkor ez egy kritikus része a folyamatnak, enélkül nem lehet felépíteni a képzési programot.

3.2. Az elmélet és a gyakorlat összehangolása

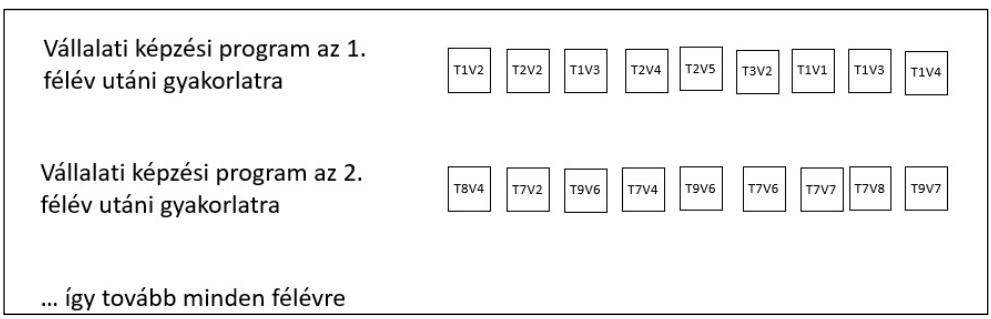
A duális képzés fontos jellemzője a főiskolán zajló elméleti és a vállalatnál megvalósuló gyakorlati képzés összhangja. A hallgató nem kaphat olyan gyakorlati feladatot, amelyhez korábban az elméleti alapokat nem tanulta meg. Az elméleti alapozást a vállalat is elvégezhetné, de esetünkben erre nem volt kifejezett igény. Ezért a gyakorlati programot úgy építettük fel, hogy az akadémiai képzés időbeli ütemezését figyelembe véve gondosan összehangoltuk azzal a gyakorlat tevékenységeit.

Cél	Főiskola tevékenysége	Vállalat tevékenysége	Kimenet
A lehetséges tevékenységek beazonosítása („metszetek”) T9V7	Beazonosítja a tantárgyakhoz köthető vállalati tevékenységeket. Látogatás és konzultáció a vállalatoknál.	Beazonosítja a duális képzésbe bevonható tevékenységek körét	***Témalista tantárgyanként,*** személyes szakmai kapcsolatok, tapasztalatok, feljegyzések
A vállalati képzési program elkészítése	Támogatja a vállalati képzési program készítését	Elkészíti a vállalati képzési programot	Dokumentum: vállalati képzési program
Az akadémiai és a gyakorlati képzés kapcsolatának dokumentálása	Feljegyzi a tantárgyakoz kapcs. gyak. tev.	-	Dokumentumok: tantárgyanként és vállalatonként a kapcsolódó gyak. tev. listája

1. ábra. *A vállalati képzési program elkészítésének folyamata*



2. ábra. *A vállalati tevékenységek és a tantárgyak szakmai tartalma közötti közös részek megtalálása kulcsfontosságú lépés volt a képzési program kifejlesztésében. Egy tevékenység több tantárgyhoz is kapcsolható, és egy tantárgy számos tevékenységhez köthető. A T1V1 jelentése: a T1 tantárgy és a V1 vállalati tevékenység közös része.*



3. ábra. *Az 1. ábra szerint megtalált tevékenységek megfelelő időrendben elhelyezve adják a vállalati gyakorlati képzési programot.*

A főiskola és a vállalat szakemberei hosszas egyeztetéseket folytattak arról, hogy mely vállalati tevékenységek építhetők be a duális képzésbe, és azok mely félév gyakorlatának legyenek részei. Ez az egyeztetés volt a vállalati gyakorlati képzési programok kulcslépése, mely két fázisra oszlott (**2.** és **3. ábra**):

– meg kellett találni a tantárgyak (T) és a vállalati tevékenységek (V) szakmai tartalmi közös részeit;
– ki kellett alakítani a megfelelő időrendet.

Egy vállalati tevékenységhez több tantárgy anyaga is kapcsolódhat. Ekkor tekintettel kell lenni az akadémiai képzés tantárgyainak időbeli elhelyezkedésére.

3.3. Az oktatás feltételeinek kialakítása a vállalatnál

Még a legsikeresebb vállalat életében is komoly átgondolást igényel egy hallgató befogadása és képzése. A vállalatoknál általában vannak belső oktatások vagy külső partnerrel megvalósított továbbképzések, de nincsenek berendezkedve egy felsőfokú képzés megvalósítására. A vállalatnak a képzés teljes ideje alatt gondoskodnia kell a hallgatóról, és ez lényegesen különbözik a munkatársak időszakos továbbképzéseitől. Az alábbi fő szempontokat kell figyelembe vennie a vállalatnak:

– a hallgató jogilag ugyan már nagykorú, de még nincs felkészülve a munkavégzésre, ezért gondot kell fordítani a biztonságára, munkavédelmi, balesetvédelmi felkészítésére, önállóan nem tevékenykedhet az üzemben;
– a hallgató nem munkavállaló, ezért speciális helyzetben van a cégen belül, feladatait a gyakorlati képzési program határozza meg;
– a hallgatónak tanulnia kell, ezért a vállalati gyakorlat ideje alatt mindig kell hogy legyen mellette olyan mentor, aki a szakmai fejlődését segíti, lényegében tanítja;
– a hallgató előrehaladását a humánerőforrásért felelős részlegnek is figyelemmel kell kísérnie, ebbe a felsőoktatási intézménnyel való folyamatos kapcsolattartás is beleértendő.

A vállalat részéről ez komoly munkaerő- és feladatátcsoportosításokat jelenthet. Mindenképpen igaz, hogy a vállalat részéről a duális képzésbe történő befektetésnek csak kisebb részét jelentik a hallgató számára nyújtandó dologi juttatások, a nagyobb áldozat, amit meg kell hozniuk, az alkalmazottaik munkaerejének részleges lekötése a gyakorlati program megvalósításának érdekében. A tapasztalat azt mutatja, hogy a legtöbb vállalat ezzel a ténnyel csak a képzés elindításának fázisában szembesül.

Azon vállalatok közül, amelyek elvben jónak és fontosnak tartják a duális képzést, nem biztos, hogy mindenki felvállalja ezt az áldozatot. A Nyíregyházi Főiskolával kezdetben szerződést kötött 9 vállalat közül 1 partner volt, aki emiatt visszalépett a duális képzéstől. A többi cég ezt felvállalta, de közös munkánk során elmondták, milyen komoly feladatokat jelent ez nekik.

3. Következtetések

A Nyíregyházi Főiskola 2015 szeptemberében indította első duális képzési programját a gépészmérnök szakon. Ez a beszámoló a duális képzési program kidolgozásának tapasztalatait foglalja össze.

Megerősítjük azt a tapasztalatot, hogy a duális képzésnek már az előkészítési szakaszában igen fontos az alapos egyeztetés a felsőoktatási intézmény és partnervállalata(i) között. Különösen érvényes ez a gyakorlati képzési program kidolgozására, azok tartalmi, időbeli és humánerőforrás-szükséglet szerinti megtervezése.

Köszönetnyilvánítás

Ennek a publikációnak az elkészítését és megjelenését a TÁMOP-4.1.1.F-14/1/KONV-2015-0007 „NYÍR-DUÁL” – A felsőoktatás területi, társadalmi, gazdasági szerepének fejlesztése Kelet-Magyarországon című pályázati projekt támogatta.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Duális Képzési Tanács: *A duális képzés alapelvei.* http://www.dualisdiploma.hu/documents/dualis-felsofoku-kepzes-alapelvei-a-dkt-meghatarozasaban.pdf (letöltés: 2016. január 8.)

[2] Battersea Tanácsadó, Szolgáltató Kft: *Kutatás-fejlesztési tevékenység megvalósítása jó gyakorlatként azonosított magyarországi és külföldi duális képzési programok elemzése és a kutatáshoz kapcsolódó fejlesztések kapcsán*, kutatási tanulmány, 2014. http://www.dualisdiploma.hu/documents/kutatas-fejlesztesi-tevekenyseg-megvalositasa-jo-gyakorlatkent-azonositott-magyarorszagi-es-kulfoldi-dualis-kepzesi-programok-elemzese-es-a-kutatashoz-kapcsolodo-fejlesztesek-kapcsan-zarotanulmany-educatio.pdf (letöltés: 2015. január 8.)

[3] www.dualisdiploma.hu

[4] www.nyf.hu/nyirdual

XVI. Műszaki tudományos ülésszak, 2015. Kolozsvár, 145–150. old.
http://hdl.handle.net/10598/29728
DOI: 10.33895/mtk-2016.04.19

AZ ERDÉLYI-HEGYALJAI ÉS SZILÁGYSÁGI BOROSPINCÉK SZELLŐZTETŐRENDSZEREINEK VIZSGÁLATA

A DISCUSSION ABOUT THE VENTILATION OF THE WINE CELLARS IN THE TRANSYLVANIA FOOTHILLS AND SALAJ REGIONS

Talpas János

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, 400006 Kolozsvár/Cluj-Napoca, Str. Clinicilor Nr.5–7. talpasjanos@gmail.com

Abstract

This paper presents the ventilation systems used in the wine cellars of the the Sălaj region and Transylvania Foothills. Adapting the model of ventilation used for the computing of the office block ventilation systems a calculus is performed. This proves that the dimensioning of the ventilation of the analysed wine cellars is adequate.

***Keywords**: ventilation, wine cellar, Sălaj region, Transylvania Foothills*

Összefoglalás

Jelen dolgozat a szilágysági és erdélyi-hegyaljai borospincék szellőztetésének megoldásait elemzi. Bemutatja a létező, alkalmazott és jól bevált szellőztetőrendszereket, majd az irodaházak szellőztetési modelljének átalakításából nyert modell alapján végzett számításokkal alátámasztja e rendszerek megfelelőségét. Az elméleti számítások igazolják a vizsgált szellőztetőrendszerek méretének helyességét

***Kulcsszavak:** szellőztető, borospince, Szilágyság, Erdélyi-Hegyalja*

1. Bevezetés

Az erdélyi-hegyaljai és szilágysági borospincék zömükben a honfoglalás előtti időkben voltak kiásva. Használatukkal egyidejűleg, gyakorlati tapasztalatok felhasználásával alakultak ki nagy valószínűséggel a szellőztetőrendszereik is. A szellőzés valamely zárt helyiségben átalakult levegőnek a cserélésére, frissítésére szolgál. A szellőztetésnek két lehetséges módja van: természetes és mesterséges.

A tanulmányozott borospincék esetében természetes szellőztetésről beszélünk. A természetes szellőztetés meteorológiafüggő, ezért területenként változhat. A tanulmányozott földrajzi területen kétfajta borospincével találkoztunk: a lyukpincével, illetve az épületek alatt elhelyezett borospincével.

Mindkét változat esetében a szellőztetés a bejárati ajtón keresztül vagy az ajtókeret fölött kialakított szellőzőnyíláson történik (**1–3. ábra**).

1. ábra. *Szilágysámsoni borospince bejárata*

2. ábra. *Szilágysámsoni borospince kijárata*

3. ábra. *Borospince szellőztetője az erdélyi Borosbocsárdon*

2. A borospince gázképződési forrásai

A tanulmányozott területeken hagyományosan fehérbort készítettek. A fehérbor erjedése a pincehelyiségben történt. Az erjedés alkalmával jelentős hőmérséklet-emelkedés jön létre a pincehelyiségben, és ugyanakkor megnövekszik a levegő CO_2-tartalma. Az egyenletes erjesztéskor a must hőmérséklete 10-15 ºC-al nő a pincehőmérsékletéhez képest [1]. A tanulmányozott pincék hőmérséklete erjedéskor – a korai szüretű szőlők esetében – 15-16 ºC.

A must erjedésekor a cukor alkoholra és szén-dioxidra bomlik az alábbi reakcióegyenlet szerint:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3 - CH_2 - OH + 2CO_2 \text{ [2]} \quad (1)$$

Egy hektoliter mustból feltehetőleg 4 m^3 szén-dioxid szabadul fel [2]. A szén-dioxid-kibocsátási folyamat megismétlődhet a tavaszi időszakban is, ha a bor maradék cukrot tartalmaz. Az érleléskor is képződnek gázok, de ezeknek a mennyisége elhanyagolható, ezért nem okoz gondot a bor készítési folyamatában, és nem veszélyes a személyek egészségére sem.

3. A szellőztetők elemzése és méretezése

A szakirodalom szerint a szellőztetőket a legcélszerűbb a borospince végpontjain elhelyezni. A beszellőző nyílásokat a pincehomlokzat alsó részében, a kiszellőző nyílásokat pedig a felső homlokzaton ajánlott elhelyezni. A kiszellőző nyílás keresztmetszete minden esetben kisebb kell legyen a beszellőző nyílásénál. A beszellőző nyílás ajánlott minimális mérete $20\,\text{cm} \times 20\,\text{cm}$, vagyis 400 cm^2 [2].

A szilágysági borospincéket csak érlelésre és tárolásra használják, míg az Erdélyi-Hegyalján esetenként erjesztésre is.

A Szilágyságot a lyukpincék jellemzik. Ezeket a pincéket a földben alakították ki, a szellőztetésük az ajtó fölötti nyílásokon keresztül történik (a beáramló és kiáramló

levegőnyílás jól kivehető az **1. ábrán**). Találkoztunk olyan változattal is, ahol csak az ajtó fölött elhelyezett kiáramló szellőző létezett (**2. ábra**).

Erdélyi-Hegyalján a pincéket az épületek alatt helyezték el. Leggyakrabban az ajtó felett látható a kiáramlási rés (**4., 6. ábra**). Szilágyságban vannak olyan borospincék is, amelyeknél a szellőztetés pusztán a nyitott ajtón keresztül történik (**5. ábra**). Ha a borospincét csupán érlelésre és tárolásra használták, akkor nem építettek hozzá szellőzőrendszert. Amennyiben a borospincét erjesztésre is használták, akkor szükséges volt ellátni szellőztetőnyílással. A szellőztetők formája általában négyszög alakú, de ritkább esetben előfordulnak kör alakú szellőztetők is.

A méretezés szempontjából fontos paraméter a légcsereszám. A légcsereszám értéke megmutatja, hogy az adott helyiség teljes levegőmennyisége hányszor cserélődik ki egy óra alatt. Definíció szerint a légcsereszámot az alábbi képlettel számoljuk ki:

$$n = \frac{V_{sz}}{V_h} \text{ [3]} \qquad (2)$$

ahol

V_{sz} – a mozgó levegőmennyiség térfogathozama m^3/h-ban kifejezve;

V_h – a szellőztetett helyiség légtérfogata.

A mozgó levegőmennyiség értékének becslését az irodaházak szellőztetési berendezésének tervezésekor alkalmazott modell alapján végeztük el. Ennek értelmében

$$V_{sz} = 25{,}2\,N + 2{,}52\,A \quad [\text{m}^3/\text{h}] \; [3] \qquad (3)$$

ahol:

N – a helyiségben tartózkodó emberek száma;

A – a helyiség alapterülete m^2-ben kifejezve.

A kutatás során nem találtunk olyan szakirodalmat, melyben a számítások kimondottan borospincékre utalnának. A fenti képlet személyek által lakott helyiségekre vonatkozik.

A számításokban a szakirodalomban már bevált képletből indultam ki (használtam fel), oly módon, hogy megpróbáltam azonosítani a személyek által kibocsátott gázmennyiséget a borospincékben az erjedési folyamat révén keletkezett gázmennyiséggel.

Ha egy ember, nyugalmi állapotban, 1 perc alatt 16-szor vesz lélegzetet, és ezalatt 0,5 l levegőt szív be, akkor egy óra alatt 480 liter levegő járja át a tüdejét. Mérések bizonyítják, hogy ezalatt kilégzéskor 30 l szén-dioxidot és vizet juttat a légtérbe [4]. A vizsgált esetben ismert a borospincében létrejött szén-dioxid mennyiség, így meghatározható a virtuális személyszám N értéke. A tanulmányozott borospincék belső alapterülete nem haladta meg a 10 m²-t, és a magasságuk 2 m alatti volt. Az erjesztési idő minimálisan 30 napot tart. Ha 1 hektoliter must erjed a pincében, akkor elérhető az $N = 0{,}2$ érték. Egy 10 m² alapterületű és 2 m magas borospince esetében a mozgatott levegőmennyiség térfogathozamban 30,28 m³/h. Ebben az esetben a légcsereszám $n = 0{,}514$.

Összehasonlítva ezt az értéket egy iroda esetében számított légcsereszámmal, ahol $n \in [3,4]$ [3], megállapítható, hogy a borospince légcsereszáma ennek nagyjából 1/6-át teszi ki.

A mozgott levegőmennyiség ismeretében kiszámítható a szellőzőcsatorna keresztmetszete:

$$A_{sz} = \frac{V_{sz}}{3600\,v} \; [3] \qquad (4)$$

ahol

V_{sz} – a szállítandó levegőmennyiség m³/h-ban;

v – a szállított levegő sebessége m/s-ban.

Ha feltételezzük, hogy a borospince légmozgása kisebb vagy közelíti egy garázs légmozgását, akkor a szállított levegő sebességét 0,5 m/s-ra becsülhetjük. A szállított levegőmennyiség becsült értéke 30,28 m³/h. A (4) képlet alapján a szükséges szellőztetőnyílás keresztmetszete 168 cm².

4. ábra. *Ház alatti borospince szellőzése Borosbocsárdon*

5. ábra. *Régi borospince bejárata Bürgezden*

6. ábra. *Borospince bejárata Bürgezden a szellőzőnyílással*

3. Következtetések

A szilágysági és erdély-hegyaljai borospincék adekvát szellőzőrendszerekkel vannak ellátva. A levegő beáramlása az ajtó felett kialakított résen vagy az nyitott ajtón keresztül történik. A számításokból kiderül, hogy ha minimális szőlőmennyiséget dolgozunk fel (pl. 150 kg), az erjesztést is elvégezhetjük egy 20 m^3 légtérfogatú borospincében. Mivel a tanulmányozott területen a szőlősgazdák tulajdonában nem voltak nagy szőlősök, nem volt szükség különleges szellőztetőrendszerek kialakítására. A számításokkal is alátámasztottuk, hogy ezek a szellőzőberendezések elegendők voltak minimális mennyiségű bor készítéséhez.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Eperjesi Imre: *Házi borászkodás.* Házunk táján. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2013. 81.

[2] Dr. Janky Ferenc, Kérey Csilla: *Borospincék.* CSER kiadó, Budapest, 2011, 51, 49.

[3] Baráth Géza (szerk.): *Komplex tervezési segédlet (A komplex feladatok és diplomatervek gyakorlati számításai és adatai).* Budapesti Műszaki Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, 2016. 14, 15. http://www.egt.bme.hu/w_oktatas/komplex/pdf/KTS.pdf, Elérése: 2016. 10. 15.

[4] Ganong, William F.: *Az orvosi élettan alapjai*. Medicina Kiadó, 1990.

SZERZŐK JEGYZÉKE / LIST OF AUTHORS

Ajj Tamás-Ferenc
SC DSU MURES SRL, Cím: 547530, Románia, Marosszentgyörgy, Mezőgazdász utca,16/B szám; Telefon / Fax: +40-265-254132, tamas.ajj@nituri.ro

András József
Petrozsényi Egyetem, Gépész és Villamosmérnöki Kar, Gépész, Ipari és Szállitásmérnöki Tanszék. Cím: 332008, Románia, Petrozsény/Petroșani, Universității, 20; iosif.andras@gmail.com

Blücher József
BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudmány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463-1234, jblucher@verzion.net

Bíró Máté
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, biroommate@gmail.com

Bitay Enikő
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, ebitay@ms.sapientia.ro

Dezső Gergely
Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológiai Intézeti Tanszék H-4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b dezsog@nyf.hu

Dobránszky János
MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. dobranszky.janos@eik.bme.hu

Dudás László
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, iitdl@uni-miskolc.hu

Fábián Enikő Réka
BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudmány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463-1234, fabianr@eik.bme.hu

Fekete Albert-Zsombor
S.C. Tetronic SRL, 547530, Románia, Marosszentgyörgy/Sângeorgiu de Mureş, Wesselényi Erzsébet utca 6 szám; zsombor.fekete@tetronic.ro

Filep Róbert
OrtoProfil Prod Romania Kft. 540485, Románia, Marosvásárhely, Hídvég utca 44/A; Tel. +40-265-264834, rfilep@ortoprofil.ro

Forgó Zoltán
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, zforgo@ms.sapientia.ro

Gyenge Csaba
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, 400641 Cluj-Napoca, B-dul Muncii 103-105, csaba.gyenge@tcm.utcluj.ro

Gyéresi Hunor András
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, gyeresihunor@hotmail.com

Gobesz Ferdinánd-Zsongor
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, Románia, 400020 Cluj-Napoca, C. Daicoviciu u. 15, V. épület, III/305; go@mecon.utcluj.ro

Holczer Emil
DEKRA Certification SRL. 131 Brâncuși, RO-400458 Cluj/Kolozsvár,
Tel/Fax +40 264443598 dekra@dekracert.ro

Imecs Mária
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Villamos Gépek és Hajtások Tanszék, Románia, 400114 Kolozsvár/Cluj-Napoca, Str. Memorandumului 28, maria.imecs@emd.utcluj.ro

Incze János Jób
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Villamos Gépek és Hajtások Tanszék, Románia, 400114 Kolozsvár/Cluj-Napoca, Str. Memorandumului 28, ioan.incze@emd.utcluj.ro

Jakab-Farkas László
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, jflaci@ms.sapientia.ro

Kakucs András
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, kakucs@ms.sapientia.ro

Kormos Fiammetta
DEKRA Certification SRL. 131 Brâncuşi, RO-400458 Cluj/Kolozsvár,
Tel/Fax +40 264443598 dekra@dekracert.ro

Kosa Péter
Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, H-4553, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b, +3642599400/+3642312825

Kovács Dorina
BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudmány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463-1234, kovacsdod@gmail.com

Kovács József
Petrozsényi Egyetem, Gépész és Villamosmérnöki Kar, Gépész-, Ipari és Szállitásmérnöki Tanszék, Cím: 332008, Románia, Petrozsény/Petroşani, Universitatii, 20, kovacsi@gmail.com

Losonczi Lajos
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Villamosmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, lajos.losonczi@ms.sapientia.ro

Lőrincz András
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, Koronka, Segesvári út,1/C

Manciula Dorin
Babeş–Bolyai University, Faculty of Environmental Sciences and Engineering, 30 Fântânele, RO-400294 Cluj/Kolozsvár, Tel.+40 264307030, dimro21@gmail.com

Máté Márton
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, mmate@ms.sapientia.ro

Novák László Lajos
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, dariusz4424@gmail.com

Olah László
ROTORCRAFT AG, Svájc, olahlasz@gmail.com

Papp Sándor
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, spapp@ms.sapientia.ro

Papp István
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, pappistvan1944@yahoo.com

Pásztor Judit
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, pjudit@ms.sapientia.ro

Popa-Müller Izolda
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, ipmuller@ms.sapientia.ro

Soós Ödön János
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-742-700763, soosodon@yahoo.com

Soós Noémi Rita
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-742-700763, noemi_soos@yahoo.com

Szabó Csaba
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Villamos Gépek és Hajtások Tanszék, Románia, 400114 Kolozsvár/Cluj-Napoca, Str. Memorandumului 28, csaba.szabo@emd.utcluj.ro

Szigeti Ferenc
Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológiai Intézeti Tanszék, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b

Szőke sz. Benk Enikő
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Villamos Gépek és Hajtások Tanszék, Románia, 400114 Kolozsvár, Str. Memorandumului 28, eniko.szoke@emd.utcluj.ro

Talpas János
Babeş−Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, 400006 Cluj-Napoca, str. Clinicilor Nr.5-7.
talpasjanos@gmail.com

Tolvaly-Roşca Ferenc
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, 540485 Târgu Mureş, O.p. 9, C.p. 4, tferi@ms.sapientia.ro

Veress Erzsébet
Erdélyi Múzeum-Egyesület, 400750 Romania, Cluj/Kolozsvár, OP 1 CP 191,
Tel. +40-743-119275, veresserzsebet@gmail.com