FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

HENGERES CSIGAKEREKEK FOGAZÁSA

SZABÓ ATTILA

A kitérő tengelyek közötti teljesítmény-, illetve mozgásátvitelre alkalmazott csigahajtópárok egy csigából és - első közelítésben - annak konjugált párjából, többnyire csigakerékből állnak. A csigahajtópárok funkciójuk szerint teljesítmény- átvivő és kinematikai hajtásokra oszthatók.

A csigahajtópárok további, ugynevezett konstrukciós szempontok szerint, a csiga alakja alapján feloszthatók:

- hengercsiga – hajtópárookra, amelyek a henger alakú csavarflületű hengeres csigából és a csigát átölelő csigakerékből állnak;
- globoidcsiga – hajtópárookra, amelyknél a körgyűrűre írt csavarfelületű globid csiga részben átöleli a csigakeréket és a globoid alakú kerék is a csigát;
- különleges csigahajtópárookra, amelyek különleges alakú csigából vagy csigakerékből állnak.

1. Hengeres csigakerékek marása

Csigakeréket csak lefejtő – marógépen lehet gyártani. Elméletileg a lefejtőszerszám olyan lefejtőmaró, amelynek burkoló csavarfelületének valamennyi jellemző mérete és teljes geometriája azonos azzal a csigáéval amelyik majd a lefejtett csigakerékkel dolgozik. Tisztában kell lennünk azzal, hogy a csigakerék fogainak profilja – egyetlen síkmetszetet kivéve – nem evolvens, hanem olyan különleges görbe amelyet a szintén nem evolvens profilu csigamaró saját profiljához viszonyítva helyesen alakít ki. Éppen ezért elméletileg szükséges a csigamaró és a csiga mértani azonosságát biztosítani. Gyakorlatilag viszont fennáll a csigamaró méreteinek változása újraélezéskor. Ennek következtében ha az új csigamaró esetén a szerszám ds osztókör átmérője egyenlő a csiga d osztókörátmérőjével, a ψ szöggel való újraélezése után osztókörátmérője a következőképpen alakul:

$$ds \Psi = ds - 2 \Psi z k K / 360^\circ \quad (1)$$

ahol zk a csigamaró fogszáma; K a hátramunkálási paraméter. Ha ezzel a maróval dolgoznák meg a csigakereket a technológiai tengelytáv kisebb lesz mint a működési tengelytáv. Ennek következtében a két egymást burkoló felület a kerék két oldalán átlósan érintkezik. Ilyen érintkezés nem megfelelő kapcsolódást és gyors kopást eredményez.

A kérdést két egymástól különböző módon lehet megoldani:

a) Nagy pontosságú (kinematikai) csigahajtások esetén

Az új csigamaró osztókör átmérőjét 5...10 % - al növeljük, a fogvastagság megtartása mellett. Mivel az átmérő csökkenésével csökken a csigamaró burkolócsavarfeületének az emelkedési szöge, maráskor a szerszám tengelyét $\Delta\gamma$ szöggel kell elfordítani a merőleges helyzethez viszonyítva. Ebben az esetben a technológiai tengelytáv nagyobb lesz a konstruktívnál és pontos csigamaró esetén a hordkép a csigakerék szimmetriasíkja körül alakul.

A szerszámtengely $\Delta\gamma$ elfordulási szögét a következő összefüggéssel határozzuk meg:

$$\Delta\gamma = \gamma_{cs} + \gamma_s \quad (2)$$

ahol γ_{cs} - a csiga - és γ_s - a maró osztóhengeri emelkedési szöge.

b) Nagy teljesítményű csigahajtások gyártásánál

Ebben az esetben már megengedhetetlen az érintkezési felület (hordkép) olyan nagyméretű összevonása mint az előbbi esetben. A minél kisebb felületi nyomás érdekében, szükséges minél nagyobb hordképet megvalósítani. Ennek érdekében a csigamaró osztóhengeri átmérője a csigáéval megegyezik, vagy egyes esetekben:

$$ds = 1,005 d_{cs} \quad (3)$$

és ezt a méretet megtartjuk a maró egész használati ideje alatt, úgy, hogy az újraélezési méretváltozást a foghúrméret csökkenésével értelmezzük.

A fogak közti megfelelő működési játék megvalósítása érdekében a csigákat csoportokra osztva köszörüljük, a csigamaró fogvastagságának függvényében.

Mivel a külső átmérőn nem kerülhető el a hátramunkálás, befolyása az átmérő értékére, az új csigamaró fejmagasságát nagyobbra készítjük:

$$d_{as} = d_s + 2(hf02m + c0m + 2x) \quad (4)$$

ahol a maximálisan megengedett újraélezésnek megfelelő sugárcsökkenés:

$$x = K \Psi_{max} z_k / 360 \quad (5)$$

A fogásvételi mozgás iránya szerint a marás lehet:

- radiális
- tangenciális
- radiális-tangenciális

A radiális marás nagy termelékenységet biztosít, mivel az érintkezési zónában fekvő valamennyi szakaszról részt vesz a forgácsolásban. Ennek következtében ez a legelterjedtebb eljárás.

Kis átmérőjű csigák esetén a csigamaró z_k fogszáma is aránylag kicsi, tehát az aktív lefejtésben kevés vágóél fog részt venni és ez által a felületi érdesség nagy lesz. Ez a káros jelenség fokozódik ha a kerék z_k pontosan osztható a szerszám bekezdéseinek z_{sz} számával, vagy ha a szerszám z_k fogszáma pontosan osztható a z_{sz} bekezdések számával.

A tangenciális marás kevésbé termelékeny viszont nem áll fenn az alámetszés veszélye.

A szerszám általában bekezdőkúpos (de lehet henegeres is) és a munkalöket abban a helyzetben kezdődik, amikor a bekezdőkúp érinti a csigakerék külső felületét és addig tart amíg az első teljes fog profilja túlhalad a kapcsolóvonal végpontján.

A radiális – tangenciális marás abból áll, hogy radiális eljárással nagyolunk és axiálissal simítunk. Ez több okból igen célszerű. Elsősorban azért mert nagyolásra a radiális eljárás nagyobb termelékenysége miatt, simításra viszont az axiális eljárás pontossága miatt előnyösebb.

A marógépet az axiális eljárásnak megfelelően állítjuk be, de nagyolásnál levesszük az utolsó differenciálcserékereket, hogy ne legyen axiális előtolás. A nagyoláshoz beállítjuk az asztalmazás ütközőjét is. Ütőkéssel végzendő munka esetén a radiális marási folyamatnak a profil kialakítási övezeten kívül kell véghez menni. A tangenciális utat olyan nagyra kell választani, hogy a profil kialakítási övezetet teljesen átfedje.

2. Csigakerekek simítása

A csigakerekek fogzatának minősége, a nagyoló és elősimító marást követő *foghántolással*, vagy *simító marással* javítható.

A hántolócsiga csiga alakú szerszám és méretei a csiga méreteivel azonosak. Mindkét fogoldalon forgácsolóélek vannak kiképezve. Ez a szerszám drága, de a hátramunkált maró méretcsökkenéséből származó eltérések kiküszöbölése és a felületi érdesség javítása érdekében célszerű alkalmazni .

A hantolási ráhagyás 0,01...0,02 mm. A hántolócsigát a lefejtőmarógépen a maró hejére fogjuk fel, és a zn/zcs áttételnek megfelelően beállított kinematikai láncon keresztül meghajtjuk. A csigakeréknek legfeljebb 2 – 3 fordulatot szabad megtennie .

Bronzból készült csigakerekek hántolásánál, mivel a szerszám nagy felületen érintkezik a munkadarabbal , a surlódás viszonylag nagy és ennek következtében a fellépő helyi felmelegedés igen káros hatással bír a felületi minőségre a méretpontosságra. Ez a káros jelenség főleg kis ($\alpha = 8^\circ \dots 15^\circ$) alapprofilú csigahajtások esetén lép fel.

SZABÓ ATTILA V-éves egyetemi hallgató

B-dol Muncii nr. 103-105

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

AZ INTEGRÁLT SZÁMITÓGÉPES TERMÉKTERVEZÉSI MÓDSZER

COMPUTER INTEGRATED PRODUCT DEVELOPMENT

VARGA ANDREI

ABSTRACT

The paper presents comprehensive review of issues for methodology of design that originated due to radical change of product development process structure. Difficult market and strong competition between producers enforce concurrent approach to the product development. This has dramatically changed the organization of engineering design team and way designers work. To deal with previously known issues of parallel processing of incomplete information sequential models of engineering design must be changed. This new concept name is "Simultaneous engineering or concurrent engineering".

Simultaneous engineering is based on parallel and collaborative actions of designers, production engineers, managers and other people involved in the product development. This concept assumes that groups of experts in different fields, covering the product life cycle, work simultaneously to meet customer needs and market challenges. Product quality and cost and time-to-market are the most important objectives of the SE.

1. Bevezetés

Az elmúlt években bekövetkezett politikai és gazdasági változások nehéz feladatok elé állítják csaknem a világ minden országának gazdaságát. A megváltozott piaci feltételekre, a kutatási-fejlesztési ráfordítások növelésével válaszolnak a fejlett ipari országok.

A Budapesti Műszaki Egyetem és a Kolozsvári Műszaki Egyetem együttműködési megállapodása kereretében Kolozsvárról is részt vettek négyen az első, oktatókat, tudományos kutatókat kiképző

tanfolyamon Budapesten, 1994 január 24 és 29 között. Azóta sikerült oktatni és bevezetni Romániában ezt a módszert. A DFA software-rel már jó pár ipari elemzés volt elvégezve és az eredmények igen jók. Ezen eredményekről már be is volt számolva az első Középeurópai "Integrált számítógépes tervezés" című konferencián.

2. DFMA a gyártmány, a technológia és a minőségfejlesztés támogatására

A világ versenyképes vállalatainak figyelme az utóbbi évtizedben a **versenyképes termékekre** irányul. Korszerű-e a termék, milyen a minősége, mit tudnak a versenytársak? – sorolhatnánk azokat a kérdés feltevéseket, amelyek egyre újabb válaszokat követelnek azoktól a vállalatoktól amelyek a világpiaci verseny kihívásainak meg akarnak felelni.

A hagyomány szerint a tervezők nézőpontja a következő volt: "mi megtervezzük, ti legyártjátok". A gyártó mérnökök azok, akiknek meg kell küzdeniük a felmerülő gyártási problémákkal, mivel nem vonják be őket a tervezésbe. *Egy módja van a probléma megoldásának az, hogy konzultájanak a gyártó mérnökökkel együtt a tervezési fázisban.* A létrejövő csoportmunkával elkerülik a problémákat. Ezekben a szimultán mérnöki csoportokban *szükség van elemző eszközökre, amelyek segítségével a kialakított tervek tanulmányozhatók és elemezhetők a gyártási nehezégek és költségek szempontjából.*

Az integrált termékfejlesztés és az új módszertani megoldásainak kutatásában napjainkban kiemelkedő eredményeket ért el az amerikai Rhode Islandi Egyetem szellemi bázisan álló **Boothroyd-Dewhurst Inc. (BDI)**, amely a nyolcvanas évek elejétől kezdve kifejlesztette a **Design for Manufacture and Assembly** (Gyártás és szerelэшhelyes terméktervezés) módszertanát, számítógépes tervezőrendszereit és tervezési törzsadattárait.

A **DFMA** módszertan a világ fejlett országainak vállalatainál a saját termékek költségcsökkentésének, gyártás- és szerelэшhelyeségi analízisének és áttevezésének új módszertana a szakértői tanácsadás egyik legkeresettebb irányzata.

A **DFMA** módszerek és adattárak alkalmazásával lehetőség van a már meglévő vagy a még rajz táblán lévő gyártmányok szerelés- és gyártáshelyességét értékelni és költségbecslést végezni a termékek valós, reális várható költségeiről. A szoftverek lehetővé teszik a vállalatok számára a saját tervezési adattárak kialakítását is.

A DFMA-val elért eredmények:

- Alkatrész - szám csökkenés .....51.4 %
- Alkatrész – költség csökkenés .....37.0 %
- Piacra kerülési idő lerövidlése 50.0%
- Javulás minőségben és megbízhatóságban .....68.0 %
- Szerelési idő csökkenés .....62.3 %
- Gyártási ciklusidők csökkenése .....57.3 %

Hol alkalmazzuk ?

- hadipari berendezések (fegyverek, harci járművek, repülőgép technikák, stb.)
- járművek illetve azok alkatrészei (haszonjárművek, személygépkocsik, motorok, hűtők, generátorok, stb.)
- háztartási gépek (porszívók, kávéfőzők, lámpák melegítők, zárok, stb.)
- elektromos gépek (számítógépek, videók, magnók, stb.)

A DFMA módszertant több mint 500 vállalat vásárolta meg, a sikeres tervezési projektek száma több mint ezer, a gyártmányok áttervezése eredményeként több milliárd dolláros költségcsökkentést értek el, a világ több mint 50 egyetemén tanítják, a világ iparvállalatainál több tízezer mérnök használja azokat.

VARGA ANDREI V-éves egyetemi hallgató
B-dul Muncii nr. 103-105
e-mail:voices_of_silence@yahoo.com

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

GENETIKAI ALGORITMUSOK ALKALMAZÁSAI A GÉPGYÁRTÁSBAN

Tudose Lucian, Sóbester András

Throughout the last 20 years Artificial Intelligence has been increasingly successful in satisfying the ever growing demand for optimal design and manufacturing solutions. Optimal design based on Genetic Algorithms is one of the most promising areas in this relatively new field. Developed in the 70's, it has found a wide range of applications in mathematics, operations management, systems engineering, machine design etc. This article contains an overview of the method and an application: the minimum weight design of a spur gear drive.

A Genetikai Algoritmusokról általában

A többváltozós optimalizálási problémák tanulmányozásában az utóbbi évtizedek egyik legfontosabb újdonsága a mesterséges intelligencia térhódítása volt. Ezen az irányzaton belül jelentős szerepet töltenek be az evolucionista szimulációk körébe tartozó Genetikai Algoritmusok. John Holland, a Michigan University professzora dolgozta ki az első ilyen programot 1975-ben. A módszer azóta számos alkalmazást talált olyan változatos területeken mint a matematika, áramkörök, gépelemek és bonyolult mechanizmusok tervezése, telekommunikációs műholdak optimális elhelyezése, üzemszervezés stb.[1][2]

A Genetikai Algoritmus a természetes evolúció biológiai folyamatának egy sztochasztikus modellezése. A modellezett folyamat kiindulópontja a megoldani kívánt optimalizálási probléma néhány véletlenszerűen generált lehetséges megoldásának halmaza (populáció). Ahogy a természetben a legalkalmazkodóképesebb egyének maradnak fenn és hoznak létre utódokat, amelyekbe átörökítik bizonyos tulajdonságaikat, úgy itt is az optimalizálás objektívfüggvényébe

behelyettesítve a legjobb értékeket adó megoldások evolúálnak tovább. Az új generációk szintén a genetikában jól ismert természetes folyamatokat másoló operátorok segítségével jönnek létre; ezek a reprodukció, rekombináció és a mutáció. A kromoszómákat az egyes potenciális megoldások kódolt változatai képviselik, az őket alkotó gének pedig a vizsgált mechanikai rendszer tulajdonságai (azaz az optimalizálási probléma változói). Az evolúciós folyamatot modellező sorozatos iterációk eredményeképpen olyan populációk (megoldáshalmazok) jönnek létre, amelyekben egyes egyedek remélhetőleg jobbak lesznek szüleiknél. Ezzel elérkeztünk a Genetikai Algoritmusok hagyományos optimalizálási módszerekkel szembeni egyik legfontosabb előnyéhez: több lehetséges megoldás is fejlődik párhuzamosan egy populáción belül, ezáltal lehetővé téve azt, hogy a keresés ne "akadjon fenn" egy lokális optimumon -a populáció egy része mindig a lehetséges megoldások újabb és újabb területei felé evolúál.

Legyen $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ a függvény, amelynek a minimumát (vagy maximumát) keressük. Ez lehet a vizsgált rendszer tömege, költsége, az általa felhalmozott potenciális energia stb. A függvény változóit a rendszer m paramétere képviseli. Az előbbieken vázolt természeti analógiát folytatva ezeket a továbbiakban *gének*nek fogjuk nevezni, az m génből álló lehetséges megoldást pedig *kromoszómának*. A génektől függ a feladathoz csatolt n *korlátozás* is:

$$\begin{cases} g_1(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq 0 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq 0 \\ \vdots \\ g_n(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Ezek általában szilárdságtani, méretbeni, gazdasági stb. természetűek – a megnevezés arra utal, hogy korlátozzák a lehetséges megoldások halmazát. E két elemből épül fel az optimalizálás objektív függvénye, amely az algoritmusban a környezethez való alkalmazkodóképességet fogja mérni:

$$\varphi(x_1, x_2, \dots, x_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_m) + \sum_{j=1}^{n_y} r_j \cdot g_j^2(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (2)$$

ahol g_j az n_v megsértett korlátozás, r_j pedig az együttható, mely az illető korlátozás megsértésének súlyosságát mutatja.

A Genetikai Algoritmus lehetővé teszi, hogy pontosan, változónként meghatározzuk azt a halmazt, amelyben a megoldások keresendők. Ezek a halmazok lehetnek (kvázi)folyamatos intervallumok, de lehetnek diszkrét elemekből állók is. Ez különösen fontos a gépelemek tervezésében, ahol bizonyos változók csak meghatározott vagy szabvány értékeket vehetnek fel: normalizált méretek, fogaskerék modulok, kódolt változók (például egy anyagtípus) stb.

A következőkben egy konkrét alkalmazás segítségével próbáljuk megvilágítani egy Genetikai Algoritmus működését.

Egy egyenesfogú hengeres fogaskerék-hajtás optimális tervezése [3]

A tervezési feladat a következő volt: *méretezni kell egy egyenesfogú általános fogazású lassító fogaskerék-hajtást, ismerve a bemenő teljesítményt (P_1), a kiskerék fordulatszámát (n_1), az áttételt (i_{12}), az anyagot, a hőkezelést, valamint a kívánt élettartamot (L_h).* A minimizálni kívánt objektív függvény a hajtás tömege (a jelölések a szokásosak):

$$M = \frac{\pi \cdot (d_{w1}^2 + d_{w2}^2) \cdot b \cdot \rho}{4} \quad (3)$$

A megoldás első lépése a kromoszóma felépítése, amely, amint az 1. ábrán látható, 5 génből áll. Az érték-halmazok elemszámait összeszorozva megkapjuk a lehetséges megoldások halmazának elemszámát: $3 \cdot 4 \cdot 10^{10}$.

0.gén	1.gén	2.gén	3.gén	4.gén
z_1	m	a_w	x_1	Ψ_a
A KISKERÉK FOGSZÁMA	MODUL	TENGELYTÁV	A KISKERÉK PROFILELTOLÁSI TÉNYEZŐJE	A FOGSZÉLESSÉG ÉS A TENGELYTÁV VISZONYA
32 egész érték	32 szabv. érték	32 szabv. érték	1024 érték	1024 érték
{14,...,45}	{0.55,...,20}	{40,...,1400}	[-0.5,1]	[0.25,0.75]

1. ábra A fogaskerék-feladat kromoszómájának szerkezete (az utolsó két sorban a változó érték-halmaza)

Az objektív függvényhez 9 korlátozást is kapcsolunk (a (2)-es összefüggés alapján):

g_1 : A fogfelületi terhelés ellenőrzése (Hertz)

g_{2,3}: A kiskerék/nagykerék ellenőrzése fogtőhajlítási igénybevételre

g_{4,5}: A kiskerék/nagykerék fogazatának ellenőrzése alámetszésre

g_{6,7}: A kiskerék/nagykerék ellenőrzése foghegyesedésre

g₈: A kapcsolószám minimális értékének biztosítása

g₉: A kiskerék fogszámának összehasonlítása egy minimális értékkel

John Greffenstette *Genesis 1.6* genetikai programját alkalmazva a fent leírt feladat megoldására, az evolucionista szimuláció 1,000,000 generáció után egy olyan fogaskerékpárt generált, melynek a tömege kb. 15%-al kisebb volt a hagyományos módszerrel tervezettnél (ugyanazon adatokból kiindulva).

Következtetések

A fent bemutatott alkalmazás, valamint a Kolozsvári Műszaki Egyetemen tanulmányozott más alkalmazások is (csavaros összeszerelések optimális tervezése, egy tartálysorozat gyártási költségeinek minimizálása stb.) egyértelműen bizonyítják a Genetikai Algoritmusok alkalmasságát olyan feladatok megoldására, amik a változók nagy száma, a megoldások terének nagy mérete, vagy az objektív függvény komplexitása (esetleg diszkontinuitása, differenciálhatatlansága) miatt nagyon nehezen vagy egyáltalán nem lennének megoldhatók hagyományos módszerekkel.

Irodalom

1. Chacksfield J. E. *Multivariate Optimisation Techniques and their Impact on the Aircraft Design Process*, Prog. Aerospace Sci., Vol. 33, p. 731-757, 1997
2. Goldberg D. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Co., New-York, 1989
3. Tudose L., Giurgiu H. *Proiectare optimală. Organe de mașini*, Ed. U.T.Pres, Cluj-Napoca, 1999

Tudose Lucian egyetemi docens, Sóbester András gépészmérnök

Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Catedra de Organe de Mașini și Tribologie, Bdul. Muncii nr. 103-105, Tel. (0040)64-415007

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

DFE - A RENDSZERES ÚJRAHASZNOSÍTÁS ESZKÖZE

Jana VARGOVÁ, Karolína JERGOVÁ, Renáta BANÍKOVÁ

Abstract

In short term, design for environment (DFE) is a systemic approach to decision support for designers, developed within industrial ecology framework. DFE practices are meant to develop environmentally compatible products and processes while maintaining product performance and quality standards.

BEVEZETÉS

A **DFE** (Design For Environment) egy rendszerszerű megközelítése a tervező döntéshozási alapjának, melyet az ipari környezetvédelem keretén belül fejlesztettek ki. A DFE célja oly módon fejleszteni ki környezetvédelmi szempontból megfelelő termékeket, hogy ezek ne veszítsenek teljesítőképességükből vagy minőségi követelményükből.

ESZKÖZÖK ÉS TEVÉKENYSÉGEK

A cégen belül két féle DFE tevékenység van.

A **generikus DFE** általános programokat foglal magába, amelyek megadják az összes felépítő funkció környezetvédelmi jellemzőit. Ezek magukba foglalják a zöld könyvelési rendszerek, normalizált alkatrészek, szállítók, belső jellemzők és normák fejlődését.

A **specifikációs DFE** tevékenységek hozzájárulnak a végtermék megvalósításához és a lehetőségek kiértékeléséhez.

A konstruktőr csoportok magukba sűrítik a DFX programokat és ellenőrző listákat, hogy ezek környezetvédő módon legyenek egyidejűleg csoportosítva a szerkezeti szempontok, mint pld. a szerkezet legyárthatósága, ellenőrzése és biztonsága szerint.

Kétféle DFE szerkezeti eszköz van leírva:

1. A gyakorlatban a DFE egy generikus összességű folyamat, amely megfelelteti a tervező (szerkesztő) tudását egy adott cég követelményeivel. Ez az eszköz kompatibilis a már meglévő DFX rendszerekkel. Lehetővé teszi a szerkesztőnek, hogy grafikusan vezesse be a jellemző gondokat, amelyek károsan sújtják az élőkönyezetet, gyártási folyamatot és közpolitikai kérdéseket. A grafikus kifejezések ugyanúgy lehetővé teszik a rendelkezésre álló információk biztonságos besorolását.
2. (DEIS) élőkönyezet információs rendszerének tervezése fontos információkat foglal magába, amelyek érintik az élőkönyezetet, egészséges és biztonságos társadalmi és közgazdasági köröket, amelyek a speciális szerkesztői lehetőségekhez viszonyulnak (ezek az adatok minden cég részére elérhetőek). Legyen a DEIS:
  - érthető, rendszeres, kiegyensúlyozott termékértékelés vagy folyamatjavaslás információs szolgáltatása
  - multidimenziós hozzáállás
  - szükséges az eldöntött folyamat és üzlet részére összefüggést nyújtani
  - minőségi, nem pedig mennyiségi
  - ezekkel az adatokkal összekötött bizonytalan indikált fokozat.

DFE több funkcióra integrálja a munkát: marketing, gyártás, minőség. DFE kezdve a gyártótól ugyanúgy nagyobb személyi integrációt idéz elő a szerkesztői folyamatban. Ennek az bevezetése kiváló szervezést követel. Követelmény elérni kombinált szervezési, pénzügyi és technikai változások kiterjedését a DFE keretén belül.

DFE HOZZÁJÁRULÁS

DFE az egész rendszerben magával vonzza a környezetvédelmi és anyagi feltételek együttes felmérését. Egyenlő módszerrel határolja a környezetvédelmi szerkesztés és ipari vagy mérnöki szerkesztés szempontjait, mint a legyárthatóság, költségvetés és minőséget is.

A DFE rendszerekbe való belépést effektívebb módszerrel kellene több szempontból integrálni, amelyeket a szerkesztőnek kötelezően a mérnöki gyakorlattal kell összehasonlítani.

BEFEJEZÉS

A gyártmány kialakítása a DFE által korlátozhatja tágabb körű szükségességét, egyszerűen abbahagyván a termék gyártását.

Az ipari anyagokra nincs effektív adatbázisunk, amelyek megbízható és hozzáférhető információt nyújtanának sok anyag hatásáról, vegyi anyagok és folyamatok az élőköznyezetre.

A DFE teljes körű alkalmazása meghatározott értékben megköveteli a nyilvános részleg összevonását. Maga az ipar nem lehet felelős a viszonylagos értékek felmérésének befolyásáért – egy anyag egészsége más anyag relatív hiányát jelentheti.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BADIDA, M. - MAJERNÍK, M. -ŠEBO, D.: Strojárska výroba a životné prostredie. Viena, Košice 1998, 201 s.
- [2] LOWE, E.A. - WARREN, J.L.-MORAN, S.R.: Discovering Industrial Ecology, Battelle Press, Columbus 1997, 191 p.

Ing. Jana VARGOVÁ

Ing. Karolína JERGOVÁ

Mgr. Renáta BANÍKOVÁ

Katedra environmentalistiky a riadenia procesov

Strojnícka fakulta TU Košice

Park Komenského č.5

041 87 Košice

tel.:(095) 602 2924,

e-mail: mudron@tuke.sk, jergova@tuke.sk, banikova@tuke.sk

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A FÉMPORHENGGERLÉS A PORKOHÁSZAT EGYIK JELENTŐS ÁGA

Prezensky István

ABSTRACT: Powder metallurgy is an important and new branch of techniques and modern technology. In this paper are presented the possible technology of metal powder rolling and a scheme of modern equipment for green strip rolling.

KULCSSZAVAK: Porkohászat, a fémporhengerlés technológiája, modern fémporhengerlő berendezés.

1. BEVEZETÉS

A porkohászat lehetővé teszi a komplex és nagy sorozatban gyártott, adott tulajdonságokkal rendelkező alkatrészek gazdaságos gyártását. Az eddig ismert és alkalmazott technológiákhoz képest a porkohászat magasabb anyagfelhasználási fokot biztosít, kisebb energiaráfordítás mellett [2]. Az összehasonlítást az 1. ábra tartalmazza.

1. ábra A különböző gyártástechnológiák összehasonlítása [2]

a műveletek száma és megnő az anyagok felhasználási foka a klasszikus technológiákkal gyártott termékekéhez képest.

2. A FÉMPORHENGERLÉS

A különböző, minőségi fémporok gazdaságos előállítását célzó kutatások eredményei lehetővé tették a porkohászati úton gyártott olcsó szalagok előállítását. A fémporok hengerlése nagy hatásfokkal rendelkező technológiai folyamat és mind fontosabb részt foglal el a modern gyártástechnológiában. A fémporhengerlés a lemezek gyártásának egy modern és érdekes változata, amely további fejlesztéseket is lehetővé tesz.

A 2. ábra a fémporokból hengerelt szalagok gyártástechnológiájának lehetséges változatait tartalmazza a szükséges műveletekkel. Az ábra jobb oldala a szalag porozitását szemlélteti az egyes munkafázisok során.

2. ábra A fémporokból hengerelt szalagok gyártástechnológiájának vázlata a remanens porozitás feltüntetésével [3] (MH - meleghengerlés, HH - hideghengerlés, Sz - szinterizálás, MU - meleg újrakörítés, HU - hideg újrakörítés)

A hideghengerlés célja egy folytonos, állandó vastagságú és sűrűségű nyersszalag gyártása. Egy modern fémporhengerlő berendezés működési elvét a 3. ábra segítségével mutatjuk be.

3. ábra Modern fémporhengerlőberendezés működési elve [1]

Jelölések:

1. fémporokat tartalmazó konténer;	9. porelszívó berendezés;
2. keverő berendezés;	10. szalagvastagságmérő műszer;
3. szállítószalag;	11. szalagsűrűségmérő műszer;
4. fémporkeverék tároló;	12. szalagvágó olló;
5. adagolóberendezés, állítható oldallappal;	13. tárolódobok;
6. hengermű, állítható hengerekkel;	M1. a fémpor hozamát beállító motor;
7. széllevágó tárcsaollók;	M2. az adagolási szöget beállító motor;
8. támasztó henger;	M3. a hengerek közötti távolságot beállító motor.

A jelen esetben a hengerlés függőleges irányú. Ez azért előnyösebb a vízszintes irányúhoz képest, mert így nincs szükség komplikált adagoló berendezésre, a fémpor szabadon folyik be a munkahengerek közé. A széllevágó tárcsaollók használata azért indokolt, mivel a nyersszalag a széleken nem szabályos, illetve a sűrűsége is kisebb. Ez minőségi hátrányt jelent, újrahengerléskor ezek a szélek akár be is repedhetnek.

A szalagvastagság- és szalagsűrűségmérő műszerek által kapott mérések eredményeit felhasználva, a beállító motorok automatikusan korrigálhatják a szalag gyártása során fellépő paraméterek értékeit. Így változtatható az adagolótölcsérben található fémporréteg magassága, az adagolási szög értéke, a hengerek közötti távolság, valamint a munkahengerek fordulatszáma. Ez utóbbi befolyásolja a legnagyobb mértékben a kapott nyersszalag minőségét. A hengerlési sebesség növelésével csökken a hengerek közötti munkatérben található fémporra ható préselési idő és ezáltal a nyersszalag sűrűsége és vastagsága is csökken.

A munkahengerek átmérőjének a mérete a nyersszalag vastagságának a szempontjából lényeges. A fémporok hengerlése esetében, optimális hengerlési feltételek mellett, a munkahengerek átmérője és a szalag vastagságának az aránya 50 ... 200 között váltakozhat.

3. KÖVETKEZTETÉSEK

A fémporhengerlési technológia egyik igen fontos előnye, hogy lehetővé teszi a finom és egyenletes eloszlású porozitással rendelkező fémes anyagok gyártását. A pórusok közepes méretei és a porozitás százalékos értéke kényelmesen befolyásolható és széles határok között, a kívánalmak szerint pontosan beállítható a kiinduló porok finomságával, a porszemcsék alakjának optimalizálásával és a hengerlési illetve a zsugorítási technológia megfelelő változtatásával.

A fémporhengerlés a porkohászati termékek gyártásának egy folyamatos művelete, ezért könnyen automatizálható. Ez nemcsak gazdasági szempontból jelentős, mivel megnő a termelékenység, hanem a hengerelt félkésztermékek minőségének a garantálása szempontjából is fontos.

Érdemes kihangsúlyozni, hogy bizonyos esetekben a fémporok hengerlésével könnyebben és olcsóbban állíthatunk elő vékony és igen vékony szalagokat és lemezeket. Különös jelentőséggel bír a speciális összetételű és egyedi tulajdonságokkal rendelkező szalagok fémporokból történő hengerlése, amelyeket klasszikus kohászati eljárással nem lehet legyártani.

SZAKIRODALOM

- [1] KALNING, I., LIETZMANN, K-D.: *Anwendung des Pulverwalzens zur Herstellung von Bändern aus Chrom- und Chrom-Nickel-Stählen und anderen Sonderwerkstoffen*, Leipzig, Neue Hütte, 24. Jahrgang, Januar 1979, pag. 1-7.
- [2] KRAUS, P., LEIMBACH, M., MÜLLER, R., WATZEK, H.: *Entwicklung der Eisenpulvermetallurgie in der DDR - Grundlage für die Anwendung von Sinterformteilen in der metallverarbeitenden Industrie als Kriterium für deren Effektivitätserhöhung*, Leipzig, Neue Hütte, 33. Jahrgang, Februar 1988, pag. 41-44.
- [3] SCHLEGEL, J., HENSEL, A., KLEMM, P.: *Pulverdichten durch Warmwalzen*, Leipzig, Neue Hütte, 23. Jahrgang, September 1978, pag. 336-341.

Prezensky István, okleveles gépészmérnök, doktorandusz

CARGOTRANS ROMANIA K.F.T., Kolozsvár, Moșilor u. 1 / 31

tel / fax. 064 - 191729

ZE CSIGAKERÉK CSIGAMARÓJÁNAK ÚJRAÉLEZÉS UTÁNI PROFILMÓDOSULÁSÁNAK MINIMALIZÁLÁSA

Dr. Kismihály János

Dr. Gyenge Csaba

Összefoglalás

Csigamarók hátraköszörülésekor a köszörűkorong profiljának számítása esetén matematikai meghatározatlanság lép fel, ami abban nyilvánul meg, hogy a megmunkálás során a köszörűkorong profilja változó kellene legyen. Mivel ez gyakorlatilag megvalósíthatatlan, a meghatározatlanságot úgy oldják fel, hogy a köszörűkorong profilját az új csigamaró vágóéléhez rendelik hozzá, mely a maximális burkolócsiga-felületen helyezkedik el. Újraélezés után profilmódosulás lép fel, melynek nagysága egyenesen arányos az újraélezés mértékével. A módosulás, megfelelő tervezéssel csökkenthető de nem kiküszöbölhető. Dolgozatunkban egy olyan tervezési módszert mutatunk be, mely nem az első pontos vágóélből származtatja a köszörűkorong profilját, hanem az újraélezési tartomány közepén elhelyezkedő vágóélből. A profilmódosulás legalább a felére csökken.

Az egymást kölcsönösen burkoló felületek elméletét alkalmazva a számításokat a MathCad programcsomaggal, az eredmények kiértékelését pedig felületmodellezéssel az Euclid szoftverrel végeztük.

1. Az elméletileg pontos hátfelület meghatározása

Egyparaméteres egyenlettel felírjuk a ZE csigamaró burkolócsigájának a vezéregyenesét, mely az alaphengerhez érintő síkjában van, és a csigamaró tengelyére merőleges egyenessel γ_0 szöget zár be.

$$x\alpha(p) := Rb \quad y\alpha(p) := \sqrt{R0^2 - Rb^2} + p \cdot \cos(\gamma b) \quad z\alpha(p) := g0 + p \cdot \sin(\gamma b) \quad (1)$$

Egyparaméteres burkolással, v paraméter szerint képezzük a burkolócsiga kétpraméteres egyenletét.

$$\begin{aligned} x(p, v) &:= x\alpha(p) \cdot \cos(v) - y\alpha(p) \cdot \sin(v) \\ y(p, v) &:= x\alpha(p) \cdot \sin(v) + y\alpha(p) \cdot \cos(v) \\ z(p, v) &:= z\alpha(p) + h \cdot v \end{aligned} \quad (2)$$

Hasonlóan számítjuk a homlokfelület kétpraméteres egyenletét. A homlokfelület helyzete az újraélezési paraméter (ψ) mértékétől függ. Ha a ψ változik a ($\psi_{\max}$, $-\psi_{\max}$) újraélezési tartományban egy homlokfelület-sereget kapunk.

$$x\gamma\psi(t, v\gamma) := -(t \cdot \sin(\psi - v\gamma)) \quad y\gamma\psi(t, v\gamma) := t \cdot \cos(\psi - v\gamma) \quad z\gamma\psi(t, v\gamma) := H \cdot v\gamma \quad (3)$$

A burkolócsiga axiális profilját meghatározva származtatjuk a borkolócsiga-felületek sokaságát a hátraköszörülési paraméter függvényében a teljes ($\psi_{\max}$, $-\psi_{\max}$) újraélezési tartományban.

$$\begin{aligned}x0\psi(p, v) &:= (xa(p) + dif(\psi)) \cdot \cos(v) - ya(p) \cdot \sin(v) \\y0\psi(p, v) &:= (xa(p) + dif(\psi)) \cdot \sin(v) + ya(p) \cdot \cos(v) \\z0\psi(p, v) &:= za(p) + h \cdot v\end{aligned}\quad (4)$$

A különböző ψ paraméternek megfelelő borkolócsiga-felület és homlokfelület metszégörbéje meghatározza az elméletileg pontos vágóéleket, melyek mértani helye az elméletileg pontos hátfelület.

$$\begin{aligned}xt\psi(\psi, p) &:= (xa(p) + dif(\psi)) \cdot \cos(v2(p)) - ya(p) \cdot \sin(v2(p)) \\yt\psi(\psi, p) &:= (xa(p) + dif(\psi)) \cdot \sin(v2(p)) + ya(p) \cdot \cos(v2(p)) \\zt\psi(\psi, p) &:= za(p) + h \cdot v2(p)\end{aligned}\quad (5)$$

Konkrét példánkban a burkolócsiga vezérgörbéjét 9 pontban határoztuk meg, az újraélezési paramétert 2.5 fokként változtattuk a $[5^\circ, -5^\circ]$ tartományban, így az elméletileg pontos hátfelületet 45 pontban kaptuk meg (1. ábra). A koordinátái által megadott ponthalmazt, az Euclid szoftver segítségével Bspline felülettel burkoltuk.

1. ábra. Az elméletileg pontos hátfelületet két vetülete 45 pontban meghatározva.

2. A köszörűkorong axiális profiljának származtatása

Felhasználva a pontos vágóéleket, az egymást kölcsönösen burkoló felületek módszerével, meghatározzuk a köszörűkorong profilját két esetben (2. ábra):

- az első elméletileg pontos vágóélel (hagyományos módszer),
- az újraélezési tartomány közepén elhelyezkedő elméletileg pontos vágóélel (új módszer).

2. ábra. Az első- és középső elméletileg pontos vágóélel származtatott köszörűkorong profilok.

3. A valódi hátfelület meghatározása

A két különböző köszörűkorong két különböző valódi hátfelületet fog burkolni. A valódi hátfelület a kétparaméteres burkolás során, a köszörűkorong és a köszörülendő hátfelület közötti karakterisztikus görbék mértani helye a csigamaró ϕ forgásparaméterének függvényében.

$$\begin{aligned} x\alpha R(\phi, i) &:= xsa_i \cdot \cos(w2(\phi, i)) \cdot \cos(\phi) + (ysa_i + r0 - PA \cdot \phi) \cdot \sin(\phi) \\ y\alpha R(\phi, i) &:= -xsa_i \cdot \cos(w2(\phi, i)) \cdot \sin(\phi) + (ysa_i + r0 - PA \cdot \phi) \cdot \cos(\phi) \\ z\alpha R(\phi, i) &:= xsa_i \cdot \sin(w2(\phi, i)) + C - h \cdot \phi \end{aligned} \quad (6)$$

Az elméletileg pontos hátfelülethez hasonlóan, a két valódi hátfelületet is 45 pontban határoztuk meg (3. ábra), majd az Eucliddal modelleztük a felületeket (4. ábra).

3. ábra. Az első vágóélel származtatott valódi hátfelület 45 pontban.

4. ábra. Az első-és középső vágóélel származtatott hátfelületek modellrészlete.

4. Kiértékelések, következtetések

A 5. ábrán látható a három hátfelület kölcsönös helyzete. Az elméletileg pontos-, és az első végóélel származtatott hátfelület az első vágóél környékén metszik egymást, mely az új marónak felel meg, Ujraélezés során a két felület távolodik egymástól. Az elméletileg pontos- és középső vágóélel származtatott hátfelület a középső vágóél környékén metszik egymást, előtte és mögötte is eltér a két felület, de az eltérés kisebb mint az első éllel származtatott hátfelület esetén (5, 6. ábra).

5. ábra. Az elméleti, az első és középső vágóélel származtatott hátfelület.

6. ábra. Első és középső metszési görbe az elméleti hátfelületen..

Mind a három felületet metszve a különböző mértékű újrafenésnek megfelelő homlokfelülettel három vágóélet kapunk: az elméletileg pontosat, a valódi elsőt és a valódi középsőt. A elméletileg pontos- és a valódi vágóélek közötti eltérés adja meg a csigamaró profilmódosulását (7.ábra).

7. ábra. Elméleti és valódi vágóélek az osztóhenger környékén. 8. ábra. Az eltérések mérése.

A mért értékekből következik (7, 8. ábra és 1 táblázat), hogy a középső vágóéllal származtatott köszörűkoronggal való hátraköszörülés esetén a profileltérés a felére csökkenthető a teljes újrafenési tartományban.

1. táblázat

ψ [deg]	$b_{a1}=x_{R1a}-x_{T1a}$ [mm]	$b_{a0}=x_{R1a}-x_{T1a}$ [mm]	b_T [mm]	b_{R1} [mm]	b_{TK} [mm]
5,0	0,001	0,053	0,853	0,863	0,858
2,5	-0,026	0,028	0,788	0,815	0,812
0,0	-0,054	0	0,752	0,768	0,791
-2,5	-0,082	-0,027	0,707	0,726	0,723
-5,0	-0,109	-0,052	0,670	0,690	0,688

Irodalom

- [1] Gyenge, Cs. Contribuții asupra îmbunătățirii preciziei frezelor-melc pentru executarea angrenajului melcat duplex. Teză de doctorat, IPCN, 1979.
- [2] Kismihály J. Cercetări legate de îmbunătățirea tehnologiei de fabricație a angrenajelor hipoid. Teză de doctorat, UTCN, 1999.

Dr. Kismihály János / CAD/CAD tervező
 ARMATURA R.T. / Gării u. 19, Kolozsvár
 Tel. 64-435367/108, Fax. 64-435368
 Email. armatura@cluj.iiruc.ro

Dr. Gyenge Csaba / tanszékvezető egy. tanár
 Kolozsvári Műszaki Egyetem / Muncii u. 103-105
 Tel./Fax. 64-415001
 Email. cgyenge@tcm1.east.utcluj.ro

A MIKROFORGÁCSOLÁS ATOMI MODELLEZÉSE ÉS A FORGÁCSOLÓERŐ SZÁMÍTÁSA

Dr. Szabó Ottó - Gurzó József

Abstract

The microcutting belong to the cutting processes in which an big amount of specific cutting force develves in the immediate of forming (chip removal process). The result of the computer simulation shows the cutting forces and the atomic models of microcutting of copper monocrystalline.

Bevezetés

A mikroforgácsolási folyamatok ún. molekuláris dinamikai szimulációja, atomok potenciális energiájának és atomok közötti erők számításán alapuló modellezése egyre jobb közelítését adják a valós anyagleválasztási folyamatoknak és azokat kísérő jelenségeknek (pl. ultrapontos esztergálás gyémánt késsel). A módszer lényegét és eredményeit [2, 3] közlemények foglalják össze.

Alakváltozás vizsgálata

A számítógépi szimulációt egy 1200 atomot tartalmazó, tiszta réz egykristály-munkadarab és egy 400 atomot tartalmazó szerszám, tehát összesen 1600 atom segítségével fogjuk elvégezni. Megjegyezzük, hogy ilyen "kicsi" atomszám esetén is jelentős a számítási idő.

A munkadarab és a szerszám jellemzőit, valamint a "beállított technológiai adatokat" az 1. táblázatban adjuk meg. A forgácsolás szimulációja során a szerszámra az 1. ábra szerinti erők hatottak. Megállapítható, hogy a közelítőleg $A_c=0,3 \text{ nm}^2$ forgácskeresztmetszet forgácsolásához kb. $8 \cdot 10^{-10} \text{ N}$

nagyságú erő szükséges. Ez fajlagosan elég nagy, de vegyük figyelembe, hogy rendkívül kicsi a forgács vastagsága, míg a fogásmélység és a szerszám csúcssugarának aránya igen kicsi [4].

1. ábra. A forgácsolóerők alakulása az adatfile szám függvényében.

1. táblázat

BEMENŐ ADATOK	SZIMULÁCIÓ
munkadarab kristályosodási típusa:	Felületen középpontos köbös (réz)
munkadarab kristályosodási iránya:	X tengely $\parallel$ $\langle 100 \rangle$ iránnyal
szerszám kristályosodási típusa:	gyémánt köbös
szerszám kristályosodási iránya:	Y tengely $\parallel$ $\langle 100 \rangle$ iránnyal
környezeti hőmérséklet (T °C):	20
forgácsoló sebesség (v_c m/min):	30
előtolás (f nm/ford.):	0,6
fogásmélység (a_p nm):	0,45
főél elhelyezési szög (κ_r °):	45
oldalhátszög (α_f °):	0
terelőszög (λ_s °):	0
oldalhomlokszög (γ_f °):	0
mellékél elhelyezési szög (κ_r' °):	0
tengely-mellékhátszög (α_p °):	0
élsugár (r_β nm):	0
csúcssugár (r_ϵ nm):	0,2

A szimuláció kezdeti állapotáról a 2. ábra ad felvilágosítást. Közelítésként a szimuláció során a szerszámot tökéletesen merevnek tételeztük fel.

A 20. adatfile számnál (0,4 nm megtétele után) a szerszám megkezdte a behatolását a munkadarabba és kb. $4E-8$ N nagyságú erő lép fel. Az 1. ábrából láthatjuk, hogy ebben a pillanatban az előtolás és a

fogásvétel irányú erő nem jelentős. Ez érthető is, hiszen még csak most kezd belépni a szerszám a munkadarabba.

2. ábra. Atomokból felépített szerszám és munkadarab modellek.

A 28. adatfile szám körüli állapotnál már kb. $6E-8$ N nagyságú a főforgácsoló erő, még mindig nulla körüli az előtolás irányú erő, míg a passzív erő már jelentős $4E-8$ N. Az eredő forgácsoló erő kb. $7,2E-8$ N (1. ábra).

A 47. adatfile szám körüli állapototnál kb. $6E-8$ N nagyságú a főforgácsoló erő, kb. $2E-8$ N körüli az előtolás irányú erő, míg a passzív erő kicsit kevesebb, mint az előbb: $3E-8$ N nagyságú. Bekövetkezik az a jelenség, amit gyakorlatban is tapasztalunk, hogy a szerszám éle mélyebben fekszik, mint a munkadarab forgácsolás utáni visszamaradt felszíne (megmunkált felület). Ennek oka a munkadarab rugalmas alakváltozási képességében keresendő.

A hely hiányában csak nagy ugrásokban haladunk és mutatunk meg még egy-egy datfile számra jellemző esetet.

A 3. ábra a 57. adatfile szám körüli állapotot mutatja. Itt hasonlóan kb. $6E-8$ N nagyságú a főforgácsoló erő, ismét kb. nulla körüli az előtolás irányú erő, míg a passzív erő kicsit kevesebb, mint az előbb: $3,2E-8$ N nagyságú. Itt már jól kivehető a nyírési sík is.

3. ábra. A szerszám (bal oldali levezetett rész) tovább hatol a munkadarabba (57. adatfile szám).

Az 4. ábra a 117. adatfile szám körüli állapotot mutatja. Itt $8\text{E}-8\text{ N}$ nagyságú a főforgácsoló erő, kb. $1\text{E}-8\text{ N}$ körüli az előtolás irányú erő, a passzív erő kb. kétszerese az előző állapotnak: $4\text{E}-8\text{ N}$ nagyságú. Az eredő forgácsoló erő $9\text{E}-8\text{ N}$. Ezen az ábrán jól látható, hogy kb. 4-5 atomsík mélységben maradó alakváltozás (felkeményedett réteg) keletkezik a megmunkált felület mentén.

4. ábra. A munkadarabon felkeményedett réteg jön létre (117. adatfile szám).

Következtetések

Viszonylag kisszámú munkadarab és szerszám atommala végzett modell a forgácsolási folyamat lefolyását (rugalmas, rugalmas képlékeny-, képlékeny-alakváltozások, nyirási felület, stb.) jól adja vissza, szinte mozgófilmszerűen. Így lemodellezhető a felületi minőség alakulása (pl. maximális egyenetlenség, felkeményedett felületi réteg vastagsága) és a forgácsoló erő összetevői is számolhatók.

A kutató munkát OTKA T030668 és OTKA F019105. sz. támogatással végezzük.

Irodalom

- [1] Kittel, C.: Introduction to Solid State Physics, John Wiley and Sons, Inc. New York
- [2] Szabó O. - Gurzó J.: Computer Modelling of Microcutting Process, CAMP'94, MTA SZTAKI Sept. 13-15. Budapest, 1994. pp.130-137.
- [3] Szabó O. - Gurzó J.: Variation of Temperature Due to the Sliding of Atomic Planes, IXth International Conference on Tools, University of Miskolc, Sept. 3-5. 1996. Miskolc, 1996. pp.307-312.
- [4] Bali J.: Forgácsolás (2. kiad.), Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. pp.72-103.

Dr. Szabó Ottó egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátusa, Ph.D.
 Gurzó József okl. gépészmérnök, doktorandusz
 Miskolci Egyetem Gépábrázolástechnológiai Tanszék
 33515. Miskolc-Egyetemváros, Magyarország
 Telefon: 36-46-565-111 mellék: 15-21 Fax: 36-46-362-615

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

MIKROFORGÁCSOLÁS SZIMULÁCIÓJA A DISZLOKÁCIÓK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Dr. Szabó Ottó - Gurzó József

Abstract

The ultraprecisional turning, microcutting belongs to the forming processes in which an big amount of heat develves in the immediate vicinity of forming (chip - removal process). The heat generated during machining makes chip removal easier and at the same time more difficult, as the materials is more plastic and more easily to form, etc. This is why it is very important to know the amount of dislocation developing during machining.

Bevezetés

Ultrapontos forgácsolásnál (pl. esztergálásnál) a klasszikus forgácsolás elmélet számítási módszerei nem adnak kielégítő eredményeket. Új, számítógépi szimulációs módszereket (pl. molekuláris dinamikai szimuláció) kell alkalmazni.

Korábbi dolgozatainkban már bemutattuk a vizsgált atomok potenciális energiájának és az atomra ható erőnek változását az atomsorok egymáson való elmozdulása esetén [2, 3, 4]. A számítógépi módszer lehetővé teszi mikroforgácsolásnál (pl. ultrapontos esztergálással) a forgácsolási erő és hőmérséklet számítását, a kialakuló felületi érdesség várható értékének meghatározását. Ezek a kísérleti eredményekkel jó egyezést mutatnak. A vizsgálatokat pl. réz egykristály esetén végeztük el.

A díszlokációk hatása a képlékeny alakításra

Az eddigi vizsgálódás során feltételeztük, hogy a kristálytani síkok elcsúszására felállított modellekben a csúszási síkban minden atom egyszerre mozdul el. Ez a jelenlegi ismereteink szerint pontosbításra szorul [5]. Tudjuk, hogy az anyagban jelenlévő kristálytani hibák - a díszlokációk - miatt az elcsúszás nem egyszerre, hanem atomonként megy végbe. Felvetődik a kérdés, hogy akkor miért értünk el jó közelítő eredményeket a számítások során?

Ennek az egyik oka az, hogy a forgácsoló erőt nem az atomok közötti erőből, hanem az atomok elcsúszás során bekövetkező potenciális energia változából vezettük le, ez pedig független attól, hogy a sok atom egyszerre vagy külön-külön mozdul el. A másik ok pedig az, hogy a potenciális energia számítására vonatkozó modell nem is olyan pontatlan, mint amilyennek első ránézésre tűnik. Ennek igazolásához tekintsük meg a következő 1. és 3. ábrát és hozzájuk tartozó potenciális energia változását ábrázoló diagramokat (2. és 4. ábra).

1. ábra. Díszlokáció mentes atomok.

Az 1. ábra egy díszlokáció mentes, közelítőleg egymáshoz képes $S/2$ távolsággal elcsúszott álló és mozgó sík (atomok) környezetét mutatja. Ennek az állapotnak megfelelő potenciális energiát a következő grafikon szemlélteti (2. ábra).

2. ábra. A potenciális energia az atom átugrása előtt és után.

A 2. ábra az atom átugrás előtti és utáni egyensúlyi helyzetét is mutatja. Hasonlítsuk most össze az 1. ábrát és a 2. ábrán közölt diagrammot a következő, díszlokációt tartalmazó csúszó rendszerrel (L. 3. ábra).

3. ábra. Atomok díszlokáció esetén.

A 3. ábrán látható, hogy a felső mozgó sík atomjait egymástól nem S , hanem S^* távolságra vannak. Ennek az az oka, hogy a jelölt helyen egy éldíszlokáció foglal helyet, aminek köszönhetően a díszlokáció felett egy nyomott állapot alakul ki, ezért lesz S^* kisebb, mint S .

Nagyon fontos észrevenni, hogy a díszlokáció közvetlen közelében olyan állapot alakult ki, mintha egy díszlokáció mentes, de közelítőleg $S/2$ távolsággal elcsúszott rendszert látnánk, holott nem történt elcsúszás. A következő grafikon szemléletesen mutatja ezt (L. 4. ábra).

4. ábra. Díszlokáció esetén a potenciális energia.

A 4. ábrából jól látható, hogy a díszlokáció közelében egy átbillenés körüli állapot alakul ki (anélkül, hogy bármilyen elcsúszás történt volna az álló és a mozgó síkok között), míg a díszlokációtól távolodva egyre inkább hasonlít a potenciális energiánk alakja és nagysága a kristályhiba mentes és el nem csúszott állapotra.

Következtetések

Megállapíthatjuk tehát, hogy a diszlokációk közelében oly mértékben torzul a potenciális energia, hogy a csúszó síkban lévő atomok minimális külső erővel kimozdíthatóak egyensúlyi helyzetükből, illetve gyakran a meglévő mozgási energiájuk is már elegendő ahhoz, hogy tetszőleges a diszlokációhoz közeli szomszédos helyre átugorjanak. Ez utóbbi esetben annál szélesebb az a tartomány, melyet pusztán mozgási energiájukból kifolyólag bejárhatnak, minél több kristályrác között oszlik meg a diszlokáció potenciális energiát torzító hatása. Egy éldiszlokációnak a hatása egy igen gondosan növesztett tiszta egykristály esetében több ezer S távolság is lehet, míg egy erősen hidegen alakított fémnél ez néhány tíz S távolság csak [5].

A kutató munkát OTKA T030668 és OTKA F019105. sz. támogatással végezzük.

Irodalom

- [1] Kittel, C.: Introduction to Solid State Physics, John Wiley and Sons, Inc. New York
- [2] Szabó O. - Gurzó J.: Computer Modelling of Microcutting Process, CAMP'94, MTA SZTAKI Sept. 13-15. Budapest, 1994. pp.130-137.
- [3] Szabó O. - Gurzó J.: Variation of Temperature Due to the Sliding of Atomic Planes, IXth International Conference on Tools, University of Miskolc, Sept. 3-5. 1996. Miskolc, 1996. pp.307-312.
- [4] Szabó O. - Gurzó J.: Atomsíkok elcsúszásakor bekövetkező hőmérséklet változás felületen középpontos kristályrác esetén. IV. FMTÜ, 1999. március 19-20. Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 1999. pp.85-88.
- [5] Zorkoczy B.: Metallográfia és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [6] Bali J.: Forgácsolás (2. kiad.), Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. pp.72-103.

Dr. Szabó Ottó egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátusa, Ph.D.
Gurzó József okl. gépészmérnök, doktorandusz
Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék
33515. Miskolc-Egyetemváros, Magyarország
Telefon: 36-46-565-111 mellék: 15-21 Fax: 36-46-362-615

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

KORSZERŰ MULTIMÉDIÁS KARBANTARTÁS TÁMOGATÁS

Markovics Róbert

Abstract

An ongoing research project of the INCO-Copernicus program at the Technical University of Budapest aims at creating the methodology of Intelligent Product Manuals. These manuals cover all features of the conventional manuals, supplying them with the benefits of hypermedia technology. This article focuses on the requirements concerning to Intelligent Product Manuals and the tools that can be used to create them. The procedure of creating Intelligent Product Manuals, its integration with the Enterprise Information Management System and a prototype manual of a CNC lathe are presented.

Bevezetés

A Budapesti Műszaki Egyetemen az INCO-Copernicus Promanual 96/0231 számú kutatási program az intelligens termék gépkönyvek módszertanával foglalkozik

Minden műszaki berendezéshez tartozik egy úgynevezett gépkönyv (vagy használati utasítás), melyben a felhasználó minden szükséges információt megtalálhat az adott termékről: szállítás, üzembehelyezés, beállítások, használat, karbantartás, stb.

A *hagyományos gépkönyv* egy dokumentum, amely leírja és megmagyarázza, hogyan kell használni és karbantartani egy műszaki terméket. Alapvetően papírra íródik, hasonlóan a könyvekhez vagy az aktarendszerekhez, de ide tartozik az olyan, számítástechnika segítségével feldolgozott gépkönyv is, amely a papír formátumút veszi alapul. Lefedi a termék életciklusát: üzembehelyezés, üzemeltetés, karbantartás, hibakeresés és megsemmisítés.

Az *intelligens gépkönyv* tartalmilag azonos a hagyományos gépkönyvvel, de kiegészül a hipermédia és a tudásbázisú rendszerek számos előnyével, valamint a termék elektronikus adataival integrált. Ilyen

számára külön közlik (például kezelési gépkönyv az üzemeltetéshez, vagy elektromos kapcsolási rajz és folyamatábrák az elektromos gépkönyvben).

1. A hagyományos gépkönyvekre vonatkozó szabványok és követelmények

Jelenleg nem létezik sem olyan nemzetközi (ISO), sem olyan európai (EN) szabvány, mely magára a gépkönyvre vonatkozik, bár van néhány ISO szabvány, mely részlegesen tartalmazza a rájuk vonatkozó elvárásokat, követelményeket. Számos géphez, berendezéshez (például a mezőgazdasági és erdészeti gépekhez) létezik speciális ISO szabvány, de ezek csak az adott típusú termék gépkönyvével foglalkoznak [6].

A szabványosítás alacsonyabb szintjén, a nemzeti szinten már léteznek általános szabványok és irányelvek a gépkönyvek elkészítésére vonatkozóan.

Magyarországon kevés szabvány található, mely kimondottan a gépkönyvekre vonatkozik. A fellelhető szabványok közül legjellemzőbbek a szerszámgépek, a gépek biztonságának és a gépek villamos berendezéseinek gépkönyveire vonatkozó szabványok.

A kutatásban résztvevő országok közül, és talán egész Európában is Nagy-Britannia szabályozza legrészletesebben a gépkönyvekre vonatkozó követelményeket (BS 4888 és BS 4899 szabványok). A másik ország, Bulgária is rendelkezik hasonló szabványokkal (BDS 2.601 – 82 és BDS 2.602 – 82 szabványok), de ezek inkább a használatra és a karbantartásra koncentrálnak.

A vállalatok a létező szabványokon kívül úgynevezett „kvázi szabványokat” és „íratlan törvényeket” követnek, melyek a termékeik fejlesztése és gyártása során alakultak ki. Ilyen kvázi szabványok például a gépkönyvek közti információ-megosztás, úgymint műhely-, kenési- vagy eladási gépkönyv, mestergépkönyv egy termékcsalád különböző változataihoz, a vezérlőberendezés és a gépkönyv közötti információ-megosztás, a részletesség különböző szintjei, az információ megismétlődése, a szimbólumok használata, a beszállítók termékinformációjának beolvasztása, az elektronikus szerkesztőeszközök használata.

2. Az intelligens gépkönyv tulajdonságai

A hagyományos gépkönyvből egy példányt egyszerre csak egy személy használhatta, míg egy olyan intelligens gépkönyvhöz, ami a vállalat információs hálózatán fut, egyszerre több felhasználó is hozzáférhet. A gépkönyv felhasználóinak különböző hozzáférési jogosultságai lehetnek, ami alapján korlátozható, hogy mely részeket kik tekinthetik meg. Például a gyártó szakemberei a teljes gépkönyvhöz hozzáférhetnek, míg egy vásárló előtt titkosíthatják a tervezési és fejlesztési információkat.

A hagyományos gépkönyveknél alkalmazható megjelenítési technikák nem igazán ösztönzik a felhasználókat a tanulásra. Az intelligens gépkönyvekben a korszerű számítástechnikának köszönhetően sokkal érdekesebb és látványosabb elemek is elhelyezhetők, melyek nagyobb hatást gyakorolnak a felhasználókra, akik így szívesebben használják.

A felhasználók sokféle hardverrel és rendszerrel dolgozhatnak világszerte, ezért az intelligens gépkönyvekkel szemben az egyik legfontosabb elvárás a platformfüggetlenség. Az Internethez kifejlesztett HTML nyelv minden rendszerből olvasható [1.]. Bár már léteznek újabb szabványok is, mint az SGML vagy az XML, az általánosan használt böngészők egyelőre csak a HTML nyelvet ismerik.

Az intelligens gépkönyv három javasolt formában jelenhet meg:

- *autonóm gépkönyv*: egy multimédiás (akár hordozható) PC egy beépített CD-ROM-mal, mely képes a gépkönyv megjelenítésére szabványos multimédia böngésző segítségével.
- *intranet alapú gépkönyv*: egy vállalati információs rendszerbe gépkönyv. Több felhasználó használhatja egyszerre, akiknek a hozzáférési jogosultságát egy felhasználó menedzseri funkció kezeli. [3]
- *Internet alapú gépkönyv*: az előzőhöz hasonló, a felhasználó kapcsolatba tud lépni a gyártó adatbázisával. Az információ-szolgáltatásnál szakemberek, katalógusok, adat- és tudásbázisok állnak rendelkezésre.

A készítési folyamat során az Internet alapú gépkönyvet veszik alapul. Ez a mester gépkönyv, szükség esetén ebből lehet, illetve kell automatikusan generálni az intranetes vagy az autonóm gépkönyvet. Mindhárom verzió támogatja a kívánt dokumentáció-rész nyomtatott formában történő megjelenítését.

A fentiek tükrében megfogalmazhatunk egy új, pontosabb definíciót az intelligens gépkönyvekre: *az intelligens gépkönyvek számítógépesített interaktív terméktámogatási rendszerek, melyek a termék teljes életciklus információját, szakértői tudást és hipermédiát használnak, hogy „just-in-time” támogatást nyújtsanak a felhasználónak a termék élete során.*

2.1. Az intelligens gépkönyv három fő jellemzője

Az intelligens gépkönyveknek három fő jellemzője különböztethető meg:

- a termékadatokkal integrált: gépkönyv készítése szorosan összekapcsolódik a termékadatokkal.
- tudásbázisú: nagy mennyiségű információ tárolódik. Az itt felhasznált tudás több mint információ.
- hipermédiás: a hipermédia tulajdonképpen a multimédia kibővítése az Internet kezelésének bevonásával. Sokkal interaktívabb, a hivatkozások pedig nem csak lineárisan követhetik egymást, mint a hagyományos értelemben vett multimédiánál, hanem tetszőlegesen. A hipermédia részeként említhető még a 3 dimenziós megjelenítés alkalmazása (3D animációk, virtuális valóság), melyek interaktívak is lehetnek.

3. Az intelligens gépkönyvekhez használható eszközök

Az intelligens gépkönyvhöz használható eszközöknek lehetőleg szabványosaknak kell lenniük, hogy ne legyen szükség speciális, esetleg nehezen hozzáférhető hardver- vagy szoftverelemek beszerzésére csak azért, hogy a felhasználó használhassa a gépkönyvet. [5]

Az intelligens gépkönyvek készítéséhez és használatához felhasználandó hardver- és szoftvereszközöknek az alábbi követelményeknek kell eleget tenniük: felhasználó-barátság; rendkívüli megbízhatóság; viszonylag alacsony ár, Internet hozzáféréssel rendelkezzen. A ma megvásárolható leglassúbb számítógépek is bőségesen kielégítik a sebességre vonatkozó kritériumokat.

A multimédiás elemek miatt olyan operációs rendszerre van szükség, mely grafikus interfésszel rendelkezik. A ma alkalmazott rendszerek legtöbbje rendelkezik ilyen felülettel [2].

4. A prototípus gépkönyv

A kutatási programban résztvevő magyar ipari vállalat, az Excel-Csepel Szerszámgépgyártó Kft által gyártott SL 320/600 típusú CNC esztergagép gépkönyvének prototípusa készült illetve készül az egyetemen. [7]

A megvalósított gépkönyv prototípus a papír alapú hagyományos gépkönyv hipertextesített változata, kiegészítve azokkal az új eszközökkel, melyeket a korszerű számítástechnika biztosít. A cél a lehetőségek bemutatása volt, nem pedig egy teljes és kész gépkönyv megvalósítása.

Az 1. ábrán nyomon követhetjük az elkészített prototípus eredeti fejlesztési környezetét.

1. ábra. Az intelligens gépkönyv eredeti fejlesztési környezete

A gépkönyv fejlesztési környezete már kezd átalakulni, ahogy egyre újabb technikák jelennek meg. Ilyen például a CGI, ami a Java mellett a programozást és az adatbázis-kezelést segíti.

2. ábra. Multimédiás alkalmazások az Internetes gépkönyvben

A 2. ábrán két multimédiás alkalmazás látható: az első azt szemlélteti, hogy hogyan kell kisserelni a főorsót, lépésről-lépésre. A második egy CNC nyelvet tanító alkalmazás, mely tesztek és vizsgakérdéseket is tartalmaz, így a felhasználó leellenőrizheti tudását.

3. ábra. Az intelligens gépkönyv működés közben

A 3. ábra bal oldalán egy Java nyelven írt hibakereső applet látható, mely hibafa alapján működik. Az ábra jobb oldalán pedig egy virtuális valóságot használó oktatórendszer látható, amely segítségével a felhasználó könnyedén elsajátíthatja a kezelőpanel működtetését, és működés közben láthatja a virtuális gépet.

Az eddig elmondottak alapján érezhető, hogy egy ennyi mindent tudó gépkönyvre jogos az igény, hiszen az intelligens gépkönyv nagyban megkönnyíti és meggyorsítja egy termék használatának elsajátítását.

IRODALOM

- [1] FÜSTÖS JÁNOS: *World Wide Web. Bevezetés a hálózati információszolgáltató rendszer tervezésébe és használatába*. Bicske, Szak Kiadó, 1996
- [2] HORVÁTH SÁNDOR – TAMÁS PÉTER – TÓTH BERTALAN – HOLL BALÁZS – CSUTORA RÓBERT: *Operációs rendszerek előadásjegyzet*
- [3] DR. KELEMEN GÁSPÁR: *Számítógépes informatikai hálózatok*. előadásjegyzet
- [4] AURUM – BOCA: *3D Studio MAX*. Aurum DTP Stúdió, Szolnok, 1997
- [5] DELIVERABLE 1.1 PART 1: *A survey of the existing advanced systems for product life-cycle support*. Brussels, 1998
- [6] DELIVERABLE 1.1 PART 2: *The requirements of the relevant ISO standards and companies' guidelines towards the structure and the contents of conventional manuals*. Brussels, 1998
- [7] GUSZTÁV ARZ, ANDRÁS TÓTH, TAMÁS MÉSZÁROS, RÓBERT MARKOVICS, NORBERT GONDA: *Intelligent Product Manual for Machine Tools*. XIII. Szerszámgép Konferencia, Miskolc, 1998

Markovics Róbert, PhD hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszék

1111 Budapest, Egry J. u. 1.

Telefon: (36 1) 463-2123

Fax: (36 1) 463-3517

E-mail: robert@manuf.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

SEJTRENDSZEREK KVANTITATÍV TOPOLÓGIAI JELLEMZÉSE

Réti Tamás, Zsoldos Ibolya

ABSTRACT

In order to characterize the topological and geometrical properties of 2-D cellular structures, experiments have been performed with artificially constructed regular patterns. Our investigations have been focused on the study of the so-called Aboav law which is widely applied to the classification of random cellular structures of various types. It has been demonstrated that a reliable and precise topological description of 2-D cellular structures can not be performed by using parameters “a” and “ μ_2 ” of Aboav-equation only.

1. BEVEZETÉS

Jelen dolgozatban kétdimenziós sejtrendszerek topológiai jellemzésének problémáival foglalkozunk. Korábbi átfogó kutatások azt igazolták, hogy ezek a sejtrendszerek előnyösen használhatók fel a fémötvözeteket alkotó szemcseszerkezet 2- illetve 3-dimenziós modellezéséhez. Szabályos, homogén 2-dimenziós sejtrendszerek topológiai szerkezetét elemezve megmutatjuk, hogy az ismert Aboav-formula “a” paramétere valójában egy topológiai invariánsnak tekinthető, amelynek becslése többféle módszerrel is megvalósítható. Az ismertetett háromféle becslési eljárás mindegyike a súlyozott legkisebb négyzetek módszerének elvén alapul. Kísérleti eredményekre támaszkodva bizonyítjuk, hogy a sejtrendszerek topológiai struktúrájának számszerű jellemzése a hagyományos, két-paraméteres Aboav-formulával nem oldható meg. A topológiai mátrix valamint a komplexitási index fogalmának bevezetésével, kísérletet tettünk a sejtrendszerek szerkezetének eddiginél hatékonyabb kvantitatív jellemzésére, hasonlóságuk ill. különbözőségük objektív kritériumon alapuló minősítésére.

2. KÉTDIMENZIÓS SEJTRENDSZEREKRE VONATKOZÓ TOPOLÓGIAI ALAPÖSSZEFÜGGÉSEK

A vizsgálat tárgyát képező sejtrendszerek közös tulajdonsága, hogy sokszögekből (poligonokból) épülnek fel. E sejtrendszerek végtelen kiterjedésűek, és az egymáshoz hézagmentesen illeszkedő sokszögek egyrétűen fedik le a síkot, mégpedig oly módon, hogy

egy csúcsban mindig 3 él találkozik. A sejtrendszer struktúráját a síkban homogénnek feltételezzük.

A fentiekben taglalt sejtrendszerekre, mint ismeretes, érvényesek az alábbi összefüggések [1]:

$$\langle n \rangle = \sum_{n \geq 3} p_n n = 6 \quad (1/1)$$

$$\langle n^2 \rangle = \sum_{n \geq 3} p_n n^2 = \mu_2 + 36 \quad (1/2)$$

$$\langle nm(n) \rangle = \sum_{n \geq 3} p_n nm(n) = \langle n^2 \rangle \quad (1/3)$$

ahol:

- 'n' a sejtrendszert alkotó egyes poligonok (sejtek) oldalélszáma ($n \geq 3$)
- $p_n > 0$, az n-oldalélszámú poligonok előfordulási gyakorisága (ezek összege 1)
- $\langle f^k(n) \rangle = \sum_{n \geq 3} p_n [f(n)]^k$ az $f(n)$ függvény k-adik közönséges momentuma
- $m(n)$ egy n-oldalú sejt közvetlen szomszédjai oldalélszámának átlaga
- $\mu_2 \geq 0$, az 'n' oldalélszám ún. második centrális momentuma (szórásnégyzete), amelyet a

$$\mu_2 = \sum_{n \geq 3} p_n (n - \langle n \rangle)^2 = \sum_{n \geq 3} p_n (n - 6)^2 \quad (2)$$

képlettel definiálunk.

3. AZ ABOAV-FORMULA ÉS AZ ABOAV-PARAMÉTER BECSLÉSE

Aboave "természetes" (random) sejtrendszerek, így többek között ötvözetek síkmetszeti szemcseszerkezetét elemezve empirikus összefüggést állapított meg, amellyel egy adott sejtrendszerre vonatkozóan adott $p_n > 0$ gyakorisággal előforduló n-oldalú sejt szomszédainak $m(n)$ átlagos oldalélszáma az 'n' függvényében megbecsülhető. A feltételezések szerint $m(n)$ az 'n' hiperbolikus függvénye, és ez a függvénykapcsolat az alábbi formulával reprezentálható:

$$m(n) = 6 - a + \beta/n \quad (3)$$

A (3) egyenletben 'a' és 'β' konstansok, közülük az "a"-t Aboav-paraméternek is nevezik. Aboav azzal a további feltételezéssel élt, hogy 'β' nem független konstans, hanem eleget tesz a $\beta = 6a + \mu_2$ összefüggésnek. A következőkben egy sejtrendszert Aboav-rendszernek nevezünk, ha léteznek olyan a^* és β^* konstansok, amelyeket a (3) egyenletbe helyettesítve az $m(n)$ hiba nélkül számítható az 'n' függvényében. Bizonyítható, hogy ilyen sejtrendszerek léteznek, feltételezésünk szerint minden binér típusú, azaz (3,N), (4,N) és (5,N) alakú sejtrendszer (ahol N hatnál nagyobb természetes szám) Aboav-rendszer.

A következőkben megmutatjuk, hogy a (3) egyenlet konstans paramétereit - a súlyozott legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva - többféleképpen is becsülhetők. Ezt három példán is demonstráljuk. Az alkalmazott becslési eljárások az

$$E(a, \beta) = \sum_{n \geq 3} W_n [m(n) - (6 - a + \beta/n)]^2 \quad (4)$$

hibafüggvény minimalizálásán alapulnak, ahol W_n súlyfüggvények alkalmasan választott pozitív mennyiségek. A (3) és (4) képletekből következik, hogy egy sejtrendszer akkor és csak akkor Aboav-rendszer, ha léteznek olyan a^* , β^* paraméterek, amelyekre $E(a^*, \beta^*) = 0$.

I. Módszer. Amennyiben a súlyfüggvényeket $W_n = np_n$ alakúnak választjuk, speciális esetként a

$$E_R(a, \beta) = \sum np_n [m(n) - (6 - a + \beta/n)]^2 = \sum p_n [nm(n) - (6 - a)n - \beta]^2 \quad (5)$$

hibafüggvényt kapjuk. Az ismeretlen 'a' és 'β' paraméterek becslése szokásos módon a $\partial E_R/\partial a=0$ és $\partial E_R/\partial \beta=0$ lineáris egyenletrendszer megoldására vezethető vissza. Eredményül

$$a_R = 6 - \frac{1}{\mu_2} \sum p_n n(n-6)m(n) = 12 + \frac{1}{\mu_2} \left[216 - \langle n^2 m(n) \rangle \right] \quad (6)$$

valamint

$$\beta_R = 6a_R + \langle nm(n) \rangle - 36 = 6a_R + \mu_2. \quad (7)$$

minimalizáló paraméterekhez jutunk. A fentiekből adódik, hogy az a_R paraméter ismeretében lehetőség nyílik arra, hogy 'n' függvényében az $nm(n)$ értékét a

$$g(n) = (6 - a_R)n + 6a_R + \mu_2. \quad (8)$$

formulával becsülhessük. A (8) egyenletet a szakirodalomban az Aboav-formula linearizált változatának nevezik.

II. Módszer. Ha a súlyfüggvényeket $W_n = p_n$ összefüggéssel definiáljuk, továbbá még azt is feltételezzük, hogy β paraméterre a $\beta = 6a + \mu_2$ összefüggés teljesül, akkor a (4) képletből adódóan az

$$E_Z(a) = \sum p_n [m(n) - (6 - a + \beta/n)]^2 = \sum p_n [m(n) - (6 - a + \frac{6a + \mu_2}{n})]^2 \quad (9)$$

hibafüggvényt kapjuk eredményül. Az 'a' paraméter becslése ekkor $E_Z = E_Z(a)$ minimumának, következésképpen a $\partial E_Z/\partial a=0$ lineáris egyenlet megoldásának meghatározására egyszerűsödik.

A számításokat elvégezve az E_Z hibafüggvényt minimalizáló ' a_Z ' paraméterre az

$$a_Z = \frac{\sum p_n \left(\frac{n-6}{n} \right) \left[6 + \frac{\mu_2}{n} - m(n) \right]}{\sum p_n \left(\frac{n-6}{n} \right)^2} \quad (10)$$

kifejezés adódik.

III. Módszer. Amennyiben a súlyfüggvényeket $W_n = p_n$ összefüggéssel definiáljuk, és a 'β' paraméterre vonatkozóan semmiféle korlátozó feltevést nem teszünk, akkor a (4) képlet speciális eseteként

$$E_W(a, \beta) = \sum p_n [m(n) - (6 - a + \beta/n)]^2 \quad (11)$$

hibafüggvény adódik. A minimalizálás alapját képező $\partial E_W/\partial a = 0$ és $\partial E_W/\partial \beta = 0$ lineáris egyenletrendszert megoldva, kapjuk az a_W és β_W paramétereket:

$$a_W = 6 - \langle m(n) \rangle - \frac{\sum p_n V(n) [m(n) - \langle m(n) \rangle]}{\sum p_n V^2(n)} \quad (12)$$

$$\beta_W = \frac{a_W + \langle m(n) \rangle - 6}{\sum p_n \frac{1}{n}} \quad (13)$$

ahol a $V(n)$ függvény a

$$V(n) = 1 - \frac{1}{n \sum p_n \frac{1}{n}} \quad (14)$$

alakban értelmezett.

A becsült paraméterek visszahelyettesítésével kapjuk az $m(n)$ becslésre hivatott alábbi $h_W(n)$ függvényt

$$\begin{aligned} h_W(n) &= (6 - a_W)V(n) + [1 - V(n)] * \langle m(n) \rangle = \\ &= 6 - a_W + \frac{a_W + \langle m(n) \rangle - 6}{n \sum p_n \frac{1}{n}} \end{aligned} \quad (15)$$

Az előző megfontolásokból következik, hogy a (15) formulával értelmezett $h_W(n)$ függvény szolgáltatja a legjobb becslést $m(n)$ értékére. Az is igaz, hogy az ' a_Z ' paraméter felhasználásával definiált

$$h_Z(n) = 6 - a_Z + (6a_Z + \mu_2)/n \quad (16)$$

függvény $m(n)$ becslésekor jobb eredményt ad mint a

$$h_R(n) = 6 - a_R + (6a_R + \mu_2)/n \quad (17)$$

képlettel értelmezett közelítő függvény. Ennek magyarázata a négyzetes közelítés "jóságát" minősítő hibafüggvények eltérő jellegében rejlik.

Az a_R , a_Z és a_W paraméterek topológiai invariánsok, ezért a sejttrendszerek topológiai szerkezetének kvantitatív jellemzésére is előnyösen felhasználhatók. Aboav-féle sejttrendszer esetén a háromféle becslési eljárás azonos paraméterekhez vezet, ennek következtében $a_Z = a_R = a_W$ érvényes.

4. SEJTRENDSZEREK KVANTITATIV TOPOLOGIAI JELLEMZÉSE

Sejttrendszerek topológiai szerkezetének minősítésekor az "a" Aboav paraméter és a μ_2 szórásnégyzet - szakirodalmi tapasztalatok szerint - a leginkább használatos számszerű, statisztikai módszerrel becsült jellemzők. Bár ezek algebrailag független mennyiségek, mindazonáltal könnyű megmutatni, hogy azonos "a" és μ_2 paraméterekkel jellemzett sejttrendszerek topológiai szerkezete meglehetősen eltérő jellegű lehet. Szemléletes példa erre az 1.a és 1.b ábrán látható 5, 6 és 7 oldalú poligonokból konstruált A és B jelű sejttrendszerek. Mindkét sejttrendszerben az 5, 6 és 7-szögek azonos gyakorisággal találhatók meg, nevezetesen $p_5 = 1/6$, $p_6 = 4/6$, $p_7 = 1/6$. Másrészt belátható az is, hogy mindkét sejttrendszerre nézve a μ_2 és a_R paraméterek is megegyeznek, konkrétan, fennáll a $\mu_2 = 1/3$ és $a_R = 1$ összefüggés.

Igazolható továbbá, hogy az B sejttrendszer Aboav-rendszer, viszont az A rendszer nem az. A korábbi megfontolásokból következik ezért, hogy a B rendszerre nézve a három eltérő módszerrel becsült "a" paraméter szükségképpen azonos értékű, (vagyis $a_R = a_Z = a_W = 1$ teljesül). Ezzel szemben az A rendszerre vonatkozóan a háromféle becslési eljárás eltérő eredményre vezet, nevezetesen: $a_R = 1$, $a_Z = 0.89189$ illetve $a_W = 0.89091$.

Az 1a és b. ábrán táblázatos formában külön feltüntettük a két sejttrendszer topológiai felépítését jellemző ún. topológiai mátrixokat, továbbá a megfelelő $m(n)$ mennyiségeket, amelyek a táblázatok utolsó oszlopát képezik. A topológiai mátrix a szomszédos sokszögek kapcsolódási módozatait jellemzi, és oszlopainak száma mindig megegyezik a sejttrendszert alkotó poligontípusok számával. (Jelen esetben mindkét sejttrendszerben háromféle sokszög található, ezért az oszlopok száma is három.) A mátrix sorainak száma azonos, vagy nagyobb mint az oszlopok száma. A topológiai mátrix i-edik sorához és j-edik oszlopához tartozó (i,j)

elem (amely egy természetes szám), megadja, hogy a sejtrendszerben az i -oldalszámú poligonnak, hány darab j -oldalszámú szomszédja van.

A topológiai mátrix ismeretében lehetőség kínálkozik a sejt kapcsolódások árnyaltabb számszerű minősítésére, így többek között definiálható a sejtrendszer I_C komplexitási indexe. Ez utóbbit a topológiai mátrix N_S sorainak és N_O oszlopainak különbségeként, azaz az $I_C = N_S - N_O$ kifejezéssel értelmezzük. A definícióból következően a komplexitási index egy nemnegatív egész szám, és I_C értéke akkor és csak akkor zérus, ha a topológiai mátrix sorainak és oszlopainak száma azonos.

Ha a komplexitási index zérus, akkor a különböző oldalszámú poligonok (sejtek) egymáshoz "egyszerű módon" kapcsolódnak, következésképpen a sejtrendszert alkotó i -oldalszámú poligonnak nincs többféle, topológiailag "eltérő típusú" környezete az i -számú közvetlen sejt szomszédok vonatkozásában. Amint az 1. ábrából kitűnik, a komplexitási indexek alapján a két sejtrendszer már megkülönböztethető egymástól. Az A sejtrendszer topológiai indexe $6-3=3$, míg a B rendszeré $12-3=9$. Mint megállapítható, az utóbbi rendszer struktúrája bonyolultabb is: a B rendszerben az egyes poligonok kapcsolódása a szomszédos sejtekhez lényegesen többféle konfiguráció szerint történhet, mint az A rendszer esetében.

A

B

db	Típus	5	6	7	m(n)
2	5	0	4	1	31/5
2	6a	0	4	2	73/12
2	6b	2	3	1	
2	6c	1	4	1	
2	6d	1	3	2	
2	7	1	6	0	41/7

1. a. ábra

db	Típus	5	6	7	m(n)
1	5a	0	3	2	94/15
2	5b	0	4	1	
3	6a	1	3	2	109/18
1	6b	2	4	0	
1	6c	2	2	2	
1	6d	0	3	3	
2	6e	1	5	0	
2	6f	0	5	1	
2	6g	1	4	1	124/21
1	7a	1	5	1	
1	7b	2	4	1	
1	7c	1	6	0	

1.b. ábra

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az "a" Aboav paraméter becslésére három különböző módszert ismertettünk. Az elemzésből kitűnt, hogy becslés eredményeként kapott a_z , a_R és a_W mennyiségek topológiai invariánsok, amelyek sejtrendszerek topológiai struktúrájának minősítésére is alkalmasak. Aboav-típusú sejtrendszerek esetében a háromféle eljárással becsült "a" paraméter szükségképpen megegyezik. Példával demonstráltuk, hogy az I_C komplexitási index eredménnyel alkalmazható 2-dimenziós sejtrendszerek topológiai szerkezetének számszerű kritériumon alapuló minősítéséhez.

[1] S. N. Chiu: Aboav-Weaire's and Lewis' Laws - A Review, Materials Characterization, Vol. 34, 1995, p. 149-165.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A témakörben készült munka az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatásával történt a T 030521 sz. projekt keretében.

Réti Tamás

Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest

Zsoldos Ibolya

Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gödöllő

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A HTS ALKALMAZÁSA A VASALAPÚ PORKOHÁSZATI ANYAGOKNÁL ÉS EZEK TULAJDONSÁGAI A C-TARTALOM FÜGGVÉNYÉBEN

Zsók János Csaba

1. ABSTRACT

This paper studies the mechanic properties as tensile strength, impact energy and hardness of DP200 (made by Ductill SA, Romania) low-alloyed ferrous MP materials, mixed with different cantities of carbon. Two methods are adopted as Classical technology (sintering at 1120 °C) and High Temperature Sintering (sintering at 1260 °C).

2. Bevezető

A porkohászat a korszerű technikának egy viszonylag új és fontos ága, amelyik az utóbbi évtizedekben látványos fejlődésen ment át, főleg termékeinek műszaki és gazdasági előnyei, valamint egész sor új, különleges tulajdonságokkal rendelkező anyag előállításának lehetősége miatt. A modern műszaki elképzelések megvalósítása új anyagok és jól megtervezett új gyártási technológiák nélkül elképzelhetetlen.

A fémporokat és az ezekből készült anyagokat egyre szélesebb körben használják az autógyártó illetve a gépgyártó iparban.

Japánban kísérletezték ki először ipari méretekben a magas hőfokon való szinterelést, a High Temperature Sintering (HTS) -t, amelyet később átvettek más európai és amerikai cégek is. A metódus lényege az 1250-1350 °C-os szinterelési hőmérséklet (HTS) használata az 1120 °C-os, illetve a klasszikus szintereléssel szemben.

A HTS főbb előnyei:

- a mechanikai tulajdonságok feljavítása,
- a korrózióval szembeni ellenállás növelése,
- a szinterelési sűrűség növelése,

-a szinterelési folyamat során a méretváltozás precíziós kontrolljával, a kariblási utóműveletek kiiktatása.

E dolgozat célja a Ductill SA, Buzau-i gyártmányú, hazai DP 200-as vaspor grafitporral való dúsítása, a porkeverékek tömörítése majd 1120 illetve 1260 °C-on való szinterelése és ezt követően a mechanikai tulajdonságok tesztelése, az autoipar számára, minél újabb és jobb tulajdonságokkal rendelkező anyagok kikísérletezése.

3. A vaspor grafittal történő ötvözése és a kísérletek feltételei

A hazai gyártmányú DP200-as vaspor fizikai tulajdonságai az 1.táblázatban vannak feltüntetve

1. Táblázat. A DP200-as típusú vaspor fizikai tulajdonságai

A vaspor típusa	Granulometrikus összetétel (%)			Látszólagos sűrűség	Folyási idő
	<63µm	63-100µm	100-160µm	(g/cm ³)	s(50g)
DP200	10-45	20-40	25-45	2,8-3,1	max.30

A C típusú, minimálisan 96 %-os széntartalmú és 2 %-os nedvességtartalmú grafitport a Rm. Valceai Salrom Rt. szállította.

A keverés, homogenizálás és a préselés elősegítése érdekében 0,5%-os cinksztearát adalékot alkalmaztunk.

A kísérlet paraméterei:

- kompaktizáló préselés: 600 MPa,
- szinterelési hőmérséklet: 1120, illetve 1260 °C, és időtartam: 30 perc,
- védőatmoszféra:
  - 1120 °C-on endogáz,
  - 1260 °C-on hidrogén,
- szinterelési kemence:
  - 1120 °C-on, szállítószalagos ipari kemence,
  - 1260 °C-on, laboratóriumi cső-kemence.

A fémporok préselését a Kolozsvári Műszaki Egyetem, Anyagtechnológiai tanszékén végeztük, míg a szinterelést a kolozsvári Sinterom Rt.-ben.

4.Eredmények, következtetések

A szakító szilárdság kiszámításához szükséges erőt Fritz Heckert féle ZD40-es szakítógépen, a lökésszerű energiát, Fritz Heckert féle Psd 15 típusú gépen, míg a keménységet egy Emcotest M4 típusú digitális keménységmérő gépen mértük.

1.ábra A szakító szilárdság változása a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében

2.ábra A lökésszerű energia változása a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében

3.ábra A szakító megnyúlás változása a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében

4.ábra A Vickers keménység változása a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében

Mint az 1. ábrán látható a széntartalom 0%-ról 0,8%-ra való növelésével, a szakító szilárdság:

-64%-al nő, a klasszikus technológia alkalmazása esetében, és

-194%-al nő, a HTS alkalmazása esetében.

A DP200-as vasporról elért eredmények közelítik az NC100.24-es típusú, a Höganäs Co. cég által gyártott porral világszínvonalon elért eredményeket. Mint észrevehető a HTS alkalmazásával sokkal jobb eredményeket értünk el, mint a klasszikus technológia esetében.

A 2. ábrán a töréshez felhasznált lökésszerű energia értékei vannak ábrázolva. Ez fokozatosan csökken a széntartalom növelésével 195%-al, az 1120 °C-os szinterelés esetében és kiemelkedően csökken az 1260 °C-os szinterelés esetében.

A szakító megnyúlások mért adatai (3.ábra) evidens csökkenést mutatnak a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet növelésével, az értékek 4-4,5%-ról indulva 2% alá csökkennek.

A 4. ábrán látható a HV10-es keménységváltozás a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében. Az 1120 °C szinterelés esetében jelentéktelen változás tapasztalható, míg az 1260 °C szinterelés esetében. 124%-os folyamatos növekedés érhető el.

Tehát a nemzetközi és a fentebbi eredmények is indokolják a HTS minnél szélesebbi bevezetését és elterjesztését.

5. Szakirodalom

1. Zsók, János Csaba, Cercetări experimentale legate de obținerea unor materiale sinterizate feroase slab aliate pentru industria construcțiilor de mașini. Referat de doctorat, nr.3, UTCN, 1999.

2. Zsók, János Csaba, Studiul proprietăților fizico-mecanice și tehnologice ale materialelor sinterizate. Referat de doctorat, nr.2, UTCN, 1999.

Zsók János Csaba, okleveles gépészmérnök, doktorandusz, Kolozsvári Műszaki Egyetem
SC DRM Drăxlmaier SRL, Satu Mare, str. Vulturului, nr.34, 3900, Jud. Satu Mare
Tel: 061-706116, e-mail: Zsok.Csaba@Draexlmaier.de

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

REKONFIGURÁLHATÓ SZABÁLYZÓ VÁLTÓÁRAMÚ MOTOROK VEKTOR SZABÁLYÓZÁSÁBAN

Vásárhelyi József¹, Imecs Mária²

ABSTRACT

Re-configurable systems are mainly used in configurable computing and embedded control systems. This paper is focused on the concept of system reconfiguration and on the re-configurable computing paradigm. Electrical drives could be a suitable field of its application. As example, the application of re-configurable controller concept for vector control for an AC electrical drive will be presented. We present an analysis for a possible implementation of the vector control using the Triscend's Configurable System on a Chip (CSoc). It is presented the structure of this chip and a possible implementation of vector control. A critical analyze of performances are presented.

The idea of possible re-configuration for control is also introduced. The controller can be considered a state machine and adaptive control can be avoided. The changes in control law due to re-configuration may improve the performances of the controlled system. Further research work needs to investigate the effects of the re-configuration transition process.

Keywords: embedded control, run-time reconfiguration, vector control

1. BEVEZETÉS

A dinamikus rekonfiguráció meghatározására különböző értelmezések adhatóak. Rendszer rekonfigurációról akkor beszélünk, amikor valós idejű alkalmazások (szoftver) módosítják a számítógép (hardver) felépítését [VCC 99]. A rendszer rekonfigurációt gyakran nevezik „adaptív” vagy felhasználó orientált alkalmazásoknak. azaz a szoftver a saját igényei szerint módosítja a rendszer erőforrásait. [Hauck98a, Smith97a, Smith97b, Villasenor97, Vuillemin96]. Ez azt jelenti, hogy a számítógépen futó alkalmazás letölti a rendszer konfigurációját a hardver úgynevezett konfigurációs terébe [Vásárhelyi 98]. A legtöbb alkalmazási példa a „plug-and-play” számítógépbe illeszthető kártyák illetve mikroprocesszor mellett működő co-processzorként fordul elő.

Egy másfajta megközelítés eredményeként Maciejowski a rekonfigurálható rendszereket főleg a hibatűrő rendszerekben találta fontosnak. [3]. Szerinte ezek a kérdések elsődlegesen akkor fontosak, ha a biztonság szempontjából kritikus rendszerekről beszélünk. Jelen cikk a rekonfigurálható rendszerekre adott mindkét értelmezés alapján egy megoldást mutat be a váltóáramú aszinkron motorok vektorszabályozása terén.

2. TUDOMÁNYOS HÁTTÉR

A legtöbb alkalmazás a motorszabályozás terén aszinkron motorok szabályozásával foglalkozik. A mezőorientált indukciós motorok szabályozási módszere nyújtja a legjobb dinamikus jellemzőket

A vektor szabályozás elve az első ábrán látható [1].

1. Ábra: Váltóáramú motor szabályozása.

A Park transzformációk felhasználásával a váltóáramú motorok szabályozása az egyenáramú motorszabályozáshoz hasonlatos. A legjobb hatásfok akkor érhető el, amikor a mágnesező áram (i_{mr}) konstans.

$$\begin{bmatrix} u_{sd} \\ u_{sq} \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} + \sigma L_s \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} - \sigma L_s \omega_{mr} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} + (1 - \sigma) L_s \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{mr} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ (\omega_{mr} - \omega) T_r \end{bmatrix} i_{mr} + \tau_r \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{mr} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$m_e = \frac{3}{2} z_p (1 - \sigma) L_s i_{mr} i_{sq} \quad (3)$$

$$m_e - m_r = \frac{J}{z_p} \frac{d\omega}{dt} \quad (4)$$

Az (1) – (4) egyenletek alapján a szabályzó megvalósítható.

A következő részben bemutatjuk röviden a dinamikus rekonfigurációt megvalósító hardver erőforrásokat. Elemezzük a Triscend Rekonfigurálható Rendszerét (CSoC) a dinamikus rekonfiguráció szempontjából. Végül a megvalósítandó szabályozó néhány problémájára mutatunk rá.

3. RENDSZERERŐFORRÁSOK

A berendezés-orientált áramkörök alternatív megoldásaként jelentek meg a programozható logikai cellák (Field Programmable Gate Arrays - FPGA). Az FPGA áramkörök konfigurációja a konfigurációs memória segítségével oldható meg. A konfiguráció megvalósítható a tápfeszültség bekapcsolási folyamat - vagy egy külső vezérlő eszköz által kezdeményezett folyamat elemeként a rendszer fejlődésének részeként. Az FPGA áramkör és különböző konfigurációi felhasználhatók multifunkcionális hardver megvalósításokra. Ezen áramkörök fő hátránya, hogy a rekonfiguráció megvalósításához külső vezérlő elemre van szükség. Hauck 1998-ban meghatározta azon áramköri modulokat melyek elemei, lehetnek a jövőben megjelenő rekonfigurálható áramköröknek [2]. A Triscend cég 1999-ben jelentette be rekonfigurálható rendszerét (CSoC), mely tartalmazza a Hauck által említett modulok többségét (2. Ábra).

2. ábra. A konfigurálható rendszer felépítése.

A Triscend E5 CSoC fő elemei a mikroprocesszor mag, adat/program memória, nagysebességű rendszer sín, konfigurálható logikai modul, mely a rendszersínhez kapcsolódik. A konfigurálható logikai modul az FPGA áramkörökhöz hasonlóan a CSoC logikai erőforrásait jelenti. A CSoC megoldás a konfigurálható szabályzó megvalósítására a következő feltételek teljesítése mellett:

- Külső memória szükséges a különböző konfigurációk tárolására.
- Szükség esetén úgy a szoftver, mint a hardver kezdeményezheti a rendszer rekonfigurációját.
- A rendszer evolúciója megjósolható a különböző konfigurációk kiszámítása szempontjából.
- A szabályozó állapotai kvantáltak és végesek a külső konfigurációs memória szempontjából.
- A többváltozós rendszerek számítási algoritmusainak szempontjából lényeges rendszermodellek léte.

4. A REKONFIGURÁLHATÓ SZABÁLYZÓ MEGVALÓSÍTÁSA

Az általunk javasolt alkalmazásban a rekonfiguráció igénye azon megfigyelésből származik, hogy a feszültség inverterrel vezérelt váltóáramú motor teljesítménye az elektromágneses fluxus identifikációjának módszerétől, a terheléstől és a fordulatszám nagyságától függ. Az általunk ismert implementációk által felhasznált DSP processzorok nem alkalmasak a rekonfigurálható alkalmazások megvalósítására. [4] Ezen alkalmazások hátránya főleg kis fordulatszámnál alacsony hatásfokúak. Alacsony fordulátú üzemmód szabályozásánál főleg az állórész elektromágneses fluxusának szabályzása előnyös.

A megvalósítás első célja a két szabályzó mely a motor alacsony és nagyfordulatszámú működését teszi lehetővé. A szabályzó különböző üzemmódjait egy állapotgép különböző üzemmódjainak tekintjük. (3. Ábra).

2. ábra. A rekonfigurálható szabályzó állapottráfja

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen cikkben a CsoC-n alapuló rekonfigurálható szabályzó implementációját mutattuk be. Az állapotok közötti átmenetek kvantáltak. A rendszer teljesítménye javítható a szabályzó újrakonfigurálásával. A motor viselkedése a szabályzó rekonfigurációja alatt további elemzés tárgyát képezi.

Köszönet illeti a Triscend Céget és alelnökét Chris Balough-ot a kutatómunka támogatásáért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ÁRPÁD KELEMEN, MÁRIA IMECS: **Vector control of AC Drives**, OMIKK publisher Budapest, ISBN 963-593-140-9, Budapest, 1991
- [2] S. HAUCK: **The Future of Re-configurable Systems Keynote Address**, 5th Canadian Conference on Field Programmable Devices, Montreal, June 1998
- [3] J.M. MACIEJOWSKI: **Re-configurable Control Using Constrained Optimization**, Proceeding of European Control Conference ECC97, Bruxelles, Belgium, 1997 pp. 107-130.
- [4] PETER VAS: **Vector Control of AC Machines**, Oxford University Press, 1990
- [5] JÓZSEF VÁSÁRHELYI **Proiectarea cu circuite logice programabile (Designing with programmable logic)**, Editura Albastra, 1998, ISBN 973-9215-79-3, Cluj, România, 1998

1. Vásárhelyi József

Miskolci Egyetem, Automatizálási tanszék, H3515 Egyetemváros,
Telefon/fax: +36 46 350 877, E-mail: vajo@mazsola.iit.uni-miskolc.hu

2. Imecs Mária, egyetemi tanár

Kolozsvári Műszaki Egyetem, 3400 Kolozsvár, PO. 1 Box 99.
Telefon/fax: +40 64 194924. E-mail: Maria.Imecs@edr.utclui.ro

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

REGIONÁLIS SZOLGÁLTATÓ VÁLLALATOK RAKTÁROZÁSI RENDSZEREINEK FEJLESZTÉSE

Kolozsvár, 1997. március 21-23.

Barna Lajos

Summary

For the sake of long-term, stabile and effective operation, regional public utility companies are forced to adapt to the changes going through in the world and in our country related to economy, market, society, culture and social conditions, and to work out a service system tailored to users' needs which maintains/increases the competitiveness of the company. Well-organised operation of the logistical processes of the company is one of the most emphasised areas from the point of view of ensuring a continuous, safe and high-quality service. Development of warehousing systems, as fundamental elements of logistical performance, may be an area of improving the quality of the service systems.

Bevezetés

Napjainkban a regionális szolgáltató vállalatok a hosszú távú stabil és eredményes működés érdekében rákényszerülnek, hogy a világban és hazánkban lezajló gazdasági - a termelés növekedése, a termelés szerkezeti változásai, a piaci viszonyok átalakulása, az informatika és az információs technológiák rohamos fejlődése – piaci, társadalmi, kulturális és szociális változásokhoz igazodjanak. Fejlődésüket követve egy új, magas színvonalú, a felhasználók igényeihez igazodó, ezen igények rugalmas kielégítését lehetővé tevő, a vállalat piaci versenyképességét továbbra is megtartó/növelő szolgáltatási rendszert alakítsanak ki.

A szolgáltatás folyamatossága, biztonsága, minősége szempontjából egyik hangsúlyos terület az ellátás, beszerzés, anyaggazdálkodás, eszközök, berendezések, emberek időben és szükséges helyen való biztosítása, azaz a logisztikai folyamatok jól szervezett működése. Szolgáltató vállalatoknál a logisztikai funkciók az értéklánc elsődleges tevékenységei közé tartoznak, főleg azért, mert a biztonságos és folyamatos működés mellett az időtényező, és a tevékenységek összehangolt, szervezett végzése a fogyasztói megítélés fő szempontja, a szolgáltatás minőségét meghatározó tényező. Ennek tükrében halaszthatatlanná válik a vállalat logisztikai folyamatainak (beszerzés, készletezés, raktározás, ellátás, stb.) korszerűsítése, átalakítása.

Ugyanakkor a szolgáltatási struktúra átalakítás szükségességének igénye a szolgáltató-gazdálkodó szervezet fenntartási, üzemeltetési és létesítési költségeinek vizsgálatakor is felmerül, mint ezen költségformák csökkentésének egyik lehetséges és kézenfekvő eszköze.

E két szempont ellentétes hatással van a szolgáltatás rendszerének fejlődési ütemére és mértékére, végeredményben az átalakítási folyamatokra, ugyanis, míg az egyik oldal egy erőteljes fejlődési kényszerként hat, addig a másik oldal a fejlődés ütemét visszafogó, gátló tényezőként jelentkezik.

Célul tűzhető ki tehát a mindkét igényt kielégítő szolgáltatási színvonal és minőség elérése, amelynek kialakítása során a költség bizonyos mértékben szabályozó elemnek tekinthető, mint a fejlődést meghatározó, befolyásoló tényező (optimumkritérium).

A logisztika, a számítástechnika és az információs technika kialakulása és fejlődése révén a cél eléréséhez ma már rendelkezésünkre állnak olyan optimalizálási, vizsgálati-értékelési, rendszerszervezési, és ezeket támogató informatikai módszerek és eszközök, melyek célirányos alkalmazásával nemcsak a fent vázolt ellenhatás-jelenség kerülhető el, hanem a szolgáltatás színvonalának és minőségének növelésével egyidejűleg jelentős költségcsökkenés és hosszabb távon költségmegtakarítás érhető el.

1. A raktározási rendszerek fejlesztése, mint a szolgáltatási rendszer színvonal-növelésének egyik lehetséges területe

A bevezetőben említett módszerek és eszközök gyakorlati alkalmazásának egyik kiemelkedő területe jól lehatárolható, gyakorlatilag a vállalat meglévő raktározási rendszerének rendszerszemléletű, integrált koncepcionális és strukturális elemzését, átértékelését és átalakítását jelenti.

A raktárak fontos szerepet töltenek be a vállalatok logisztikai rendszerében, mint a szükséges logisztikai teljesítmény, a logisztikai folyamatok – így a szolgáltatás színvonalának meghatározásában is - alapvető és nélkülözhetetlen elemei. Ebben a szellemben az elmúlt évtizedekben a regionális szolgáltató vállalatoknál a feladataik ellátása érdekében igen kiterjedt, területileg elkülönülő, funkcionálisan strukturált, raktári bázis rendszereket hoztak létre. Sajnos ezek gyakran az „építsünk jó nagy raktárat, raktárakat, amiben minden elfér” elv épültek.

A raktározási rendszerekkel szemben támasztott követelmények felhasználás-specifikusak, kialakításuk (építészeti és technikai szempontból egyaránt), működésük nagymértékben függ a tárolandó áruajták, rakodási egységek számától, dinamikájától. A vállalatok logisztikai rendszerében,

a folyamatos működést biztosító anyagok és eszközök „életútjának” nyomonkövethetősége, valamint a bekerüléstől a felhasználásig terjedő időszakban a materiális (anyagi) folyamatokat követő, kiegészítő és integráló információs, pénzügyi és egyéb rendszerfolyamatok megléte, illetve felügyelete kiemelkedő fontosságú.

Ennek tükrében elmondható, hogy mára már - az általános tapasztalat szerint - ezek a rendszerek, mind struktúrájukban, mind az egyes raktárak állapotának (telephelyek kialakítása, épület állaga, raktározási technológia és az alkalmazott technikai eszközök és berendezések, stb.) tekintetében elavultak, a ma követelményeit maradéktalanul kielégíteni nem képesek és a jelenlegi állapot fenntartása mellett a szolgáltatási színvonal emelése csak jelentős és folyamatos többlet költség ráfordítással érhető el. A hazai viszonyok között a költséges beruházások helyett célszerű elsősorban a meglévő, általában korszerűtlen, alacsony technikai színvonalat képviselő raktárak fejlesztése, modernizálása.

2. A raktározási rendszerek új szemléletű fejlesztésének alapjai

A fentiekben kitűzött cél csak úgy érhető el, ha a vállalati tevékenységek hagyományos funkcionális szemlélete helyett, a feladatok horizontális, folyamatokban történő szemlélete kerül előtérbe. A funkciók vizsgálata helyett a folyamatokra kell koncentrálni. Rögzítenünk kell a meghatározó folyamatokat, kapcsolódási pontjaikat, kölcsönhatásaikat, szervezeti megoldásaikat. Ezáltal kialakítható a vállalat rendszerszemléletű folyamat- és kapcsolatmodellje. Ez kifejezi a feladatok, tevékenységek, szerepkörök, osztályok, funkciók összefüggéseit, lehetővé teszi a belső határok átjárhatóságát, a kölcsönhatások érvényesülését. Minden folyamat mérhető - bemenet, kimenet - és a valódi működés hatékonysága is kimutatható. Mindez széles szakmai területet érintő előkészítést igényel.

Tehát el kell vonatkoztatnunk a raktárépítés feladatát az öncélú lét és működés ideológiájától, ehelyett meg kell határoznunk, hogy a raktár milyen helyet tölt be a vállalat logisztikai folyamataiban, melyek a raktár előtti és utáni folyamatok sajátosságai. Meg kell határoznunk, hogy melyek azok a követelmények, melyeket a vállalat anyagokhoz kapcsolódó logisztikai tevékenységei – szükséglet-tervezés, beszerzés, készletvezetés, beérkezés, raktárgazdálkodás, számlaellenőrzés - a kialakítás és működés milyenségével szemben támasztanak, figyelembe véve ezen folyamatok reengineering-jének lehetőségét, gyakran szükségességét is.

A részletes rendszertervezés során, fenti szempontok alapján elvégzett vizsgálatok eredményeképpen kialakuló objektív helyzetkép, valamint az elemzés során kapott információk feldolgozása és kiértékelése után meghatározhatunk néhány fontosabb területet, ahol rendszerátalakítási feladatok végrehajtása szükségessé válhat:

- ◆ **A beszerzési feladatok** újraértékelése, centralizációval a beszerzések és a beszerzők számának csökkentése.
- ◆ **Optimális raktározási struktúra** kialakítása, mely során meg kell vizsgálni, hogy a jelenlegi rendszer mely szintjei és az egyes szintek mely elemei vonhatók össze. A telephelyek kialakítása a készletnagyságnak megfelelően.
- ◆ A struktúra-átalakítással párhuzamosan az egyes szinteken, elemenkénti **optimális készletszint meghatározása**, a készletek csökkentése az ÜBT (Üzembiztonsági Tartalék) szintjére.
- ◆ A meglévő és az új raktározási feladatok maradéktalan végrehajtása, ellátása érdekében (mely az átfutási idők csökkentését eredményezheti) a **megfelelő berendezések, és eszközök beszerzése**, a szükséges és elégséges, megfelelően kvalifikált **munkaerő biztosítása**.
- ◆ A készletek nyilvántartására, a felhasználás nyomkövetésére, anyagszükséglet tervezésére alkalmas információs rendszer kialakítása.
- ◆ A **szállítások optimalizálása** az anyagellátás tervezésével, a direkt szállítások számának csökkentésével, járatok alkalmazásával.

Általában elvárás - tehát nem lehet figyelmen kívül hagyni a tervezés során - a vállalatok részéről, hogy a raktárfejlesztéseket teljes üzemvitel mellett kell elvégezni, lehetőleg a meglévő létesítményi feltételekre támaszkodva.

Fontos, hogy ezeket a vizsgálatokat és elemzéseket, valamint az ezen alapuló értékeléseket a döntéshozatal előkészítés fázisában végezzük el, mivel így már itt rá tudunk világítani, a folyamat működéséhez tartozó vállalati gazdasági, gazdaságossági elvárások tükrében, a rendszer (esetleges rendszerváltozatok) működésének költség vonzataira.

Irodalom

- [1] Logisztika I. Szerkesztette: Dr. Prezenszki József. Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 1997.
- [2] Logisztika a 21. században, Profitnövekedés logisztikai eszközökkel: Prof. Dr. Knoll Imre. Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 1999.

Barna Lajos

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány

Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

H-3519 Miskolc, Iglói út 2.

Tel.: 36 46 560133; Fax: 36 46 369438

E-mail: barna@bzlogi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

FERRITES ACÉLOK EJTŐSÚLYOS VIZSGÁLATÁNAK BEVEZETÉSE MAGYARORSZÁGON

Klementis Ottó, Lenkeyné Biró Gyöngyvér, Tóth László, Horváth Ákos

ABSTRACT

The standard test method for drop-weight tear testing of ferritic steels has been introduced and experiments were carried out on X52 steel material. Different plate thicknesses and two directions of the specimens (longitudinal and transversal to the rolling direction) have been used. The percentage shear area has been determined from the fracture surfaces of the specimens tested in the range from – 120 °C to 20 °C. The used drop-weight machine has been designed and built in Hungary.

BEVEZETÉS

A ferrites acélok ejtősúlyos vizsgálatára (DWTT – Drop-Weight Tear Test) vonatkozó ASTM E436 szabványt már 1971-ben kidolgozták [1], amelynek célja a terjedő repedés viselkedésének tanulmányozása az átmeneti hőmérséklet tartományban. A ferrites acélok hőmérsékleti elridegedésének vizsgálatára elterjedten alkalmazott Charpy-féle ütővizsgálat esetén nem minden esetben van lehetőség a teljes lemezvastagságú próbatest vizsgálatára. Az ütőpróbatest kis méretei miatt az ütővizsgálatból meghatározott átmeneti hőmérséklet általában nem egyezik meg a tényleges szerkezet viselkedését jellemző átmeneti hőmérséklettel (1. ábra) [2]. Ez alulméretezéshez és kritikus esetekben katasztrófához vezethet.

1. ábra. A szerkezetek alulméretezése a nem megfelelő vastagságú próbatest alkalmazása miatt [2]

A DWT vizsgálatot elsősorban az olaj és gázvezetékek, valamint a tartályok lemezanyagainak vizsgálatára használják, de eredetileg a hajóiparban alkalmazták. A módszert ugyanakkor a nyomás-

tartó edények, valamint a nyomásnak kitett berendezések lemezanyagainak vizsgálatára is használják (tengeralattjárók, repülők, fegyverek, stb.). Újabban a radioaktív anyagok tárolásánál alkalmazott tartályok, valamint a nukleáris erőművek berendezéseinek anyagainál is léteznek előírások a DWT vizsgálatra vonatkozóan.

A VIZSGÁLATI MÓDSZER LÉNYEGE

A DWT vizsgálathoz nagy méretű (76,2x305 mm), teljes lemezvastagságú próbatestet használnak. A próbatesten hidegalakítással, egy éles szerszám benyomásával V-alakú bemetszést kell képezni, ami segíti a rideg repedésindulást.

A módszer azon a megfigyelésen alapszik, hogy a próbatest törése az átmeneti tartományban általában ridegtöréssel indul, majd átvált szívósra. A szívós (nyírásos) töretfelület százalékos aránya

2. ábra. A szerkezeti (West Jefferson) és a DWT vizsgálati eredmények összehasonlítása [5]

adja meg a DWTT mérőszámot. A különböző hőmérsékleten végzett vizsgálatok alapján meghatározható az a hőmérséklet tartomány, amelyben a törés jellege változik, illetve definiálható egy átmeneti hőmérséklet. Általában a 85% nyírásos töretarányhoz tartozó hőmérsékletet tekintik referenciának, mivel ez jól egyezik a szerkezet vizsgálat (pl. West-Jefferson vizsgálat) során meghatározott átmeneti hőmérséklettel [3,5] 2.ábra.

A vizsgálati eredményeket számos tényező befolyásolja. Például a kísérletekből egyértelműen kimutatható az átmeneti hőmérséklet eltolódása a próbatest vastagságával [4], azaz a növekvő lemez-

vastagság az átmeneti hőmérséklet emelkedésével jár.

A módszer alkalmazhatóságát korábbi kutatások széleskörűen vizsgálták. Így például a DWT vizsgálat megbízhatónak bizonyult a szerkezeti vizsgálat (West-Jefferson vizsgálat) összehasonlítva (2. ábra), amely csővezetékek esetén jelentősen nagyobb költségeket igényel.

Annak ellenére, hogy általában a szabványokban nincs egyértelmű követelmény a DWTT mérőszámra vonatkozóan, egyes felhasználók előírják ennek minimális értékeit. Ezen eljárással is vizsgált nyersanyag tehát megbízhatóbban minősített és a piac követelményeinek jobban megfelelhet.

AZ EJTŐSÚLYOS VIZSGÁLAT HAZAI MEGVALÓSÍTÁSA ÉS EDDIGI TAPASZTALATAI

A repedésindító bemetszés besajtolásához speciális hidegalakító szerszámot terveztünk és építettünk (3. ábra). A sajtoló kés cserélhető, szerszámacélból készült. Eddigi tapasztalataink szerint egy használt élszakasz élettartama 10-12 alakítás (X52 anyag esetén), és ezután újra kell élezni. Egy

két lépéses sajtoló eljárás bevezetésével a kés élettartama ugyanazon geometriájú repedésindító bemetszés esetén több mint 10-szeresére nőtt. A két esetben a sajtoló él kopása a 4. ábrán látható.

Az első vizsgálat sorozatot X52 anyagminőségű, 7.8 és 9.5 mm vastagságú lemezből kimunkált próbatesteken végeztük el. (Ez az anyagminőség a hazai tranzit gáz és olajszállító csővezetékek egyik alapanyaga is.)

3. ábra. A bemetszés sajtoló szerszám és bemetszett próbatestek

4. ábra. A sajtoló él kopása egy és kétlépcsős sajtolás esetén

Az anyag kémiai összetétele az 1. táblázatban látható. A próbatestek a hengerlési iránnyal párhuzamosan (hosszirány) illetve merőlegesen (keresztirány) lettek kimunkálva. Irányonként és lemezvastagságonként 10-10 próbatestet vizsgáltunk különböző hőmérsékleteken.

1. táblázat A vizsgált anyagminőség jellemzői

Anyag	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Al %	Cu %	Cr %	Ni %	V %	Nb %
X52	0,093	1,27	0,229	0,011	0,008	0,048	0,12	0,061	0,04	0,05	0,004

A VIZSGÁLATOK KIÉRTÉKELÉSE ÉS EREDMÉNYEI

A DWT vizsgálat kiértékelése során először a töretfelület alapján meg kell határozni a nyírástörétrész arányát. Pontos meghatározása planimetrálással történhet, de a szabvány megengedi közelítő módszerek alkalmazását is (pl. "vonalmódszer") [1].

Az értékelési idő csökkentése érdekében a kiértékelést a próbatestek töretfelületének videó kamerával rögzített, majd digitalizált képén végeztük el számítógépen. Egy ilyen kiértékelt kép mutat az 5. ábra. A kiértékelés ideje így jelentősen lecsökkent, illetve lehetővé vált az adatok megbízható és gyors elektronikus tárolása. Egy ilyen rendszer könnyen implementálható egy vállalati minőségbiztosítási rendszerbe.

5. ábra. Különböző módszerekkel kiértékelt töretfelület (X52 anyagminőség, $T = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, keresztirány)

A vizsgálatokból meghatározott, nyírástörőarányra vonatkozó átmeneti görbék a 6. ábrán láthatók.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az első kísérletsorozat tehát bizonyította a megépített berendezés alkalmazhatóságát az ASTM E 436 szabvány szerinti vizsgálatok elvégzésére. A kidolgozott, viszonylag gyors kiértékelési eljárás pedig lehetővé teszi a különböző értékelési módszerek alkalmazását és összehasonlítását.

A különböző módszerekkel végzett kiértékelések közel azonos eredményt szolgáltatnak a nyírástörőarányra, az eltérés 9%-on belül van.

6. ábra. DWTT átmeneti görbék X52 anyagminőség esetén

Az eredmények alapján egyértelműen látszik a lemezvastagság növekedésének ridegítő hatása, mivel az átmeneti hőmérséklet jelentős növekedését eredményezte.

A hosszirányú próbatestek minden esetben alacsonyabb átmeneti hőmérsékletet mutattak.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ASTM E 436-91: Standard Test Method for Drop-Weight Tear Tests of Ferritic Steels, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.01., 1996.
- [2] Matthews, W. T.: The Role of Impact Testing in Characterizing the Toughness of Materials, Impact Testing of Metals STP 446, American Society for Testing and Materials, Seventy second Annual meeting, Atlantic City, 22-27 June 1969, pp. 3-20.
- [3] Maxey, W. A.; Koch, F.O.; Peck, A.; Junker, G.; Vogt, G.H.; Peters, P. A.; Kügler, J.; Seifert, K.: Transition Temperature Test Show Fracture Behavior, Oil & Gas Journal, Apr. 22 1985 TECHNOLOGY, pp. 75-80.
- [4] Heberling, T. G.; G. E. Selby: Drop-Weight Tear test-Effect of Variables on test results, Impact testing of metals STP 446, American Society for Testing and Materials, Seventy second Annual meeting, Atlantic City, 22-27 June 1969, pp. 224-240.
- [5] Junker, G.; Kosch, F. O.; Kügler, W.; Maxey, A.; Peters, P. A.; Seifert, K.; Vogt, G.H.: Transition Temperature Determination on Large Diameter Heavy-wall High-toughness Pipes, 3R International 23. Jahrgang, Heft 11. November 1984.

Klementis Otto Ph. D.

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány, Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
Miskolc-tapolca, Iglói út. 2. H-3519, Magyarország

Tel: +36 (46) 560139, Fax: +36 (46) 369-438, E-mail: klem@alpha.bzlogi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Logisztikai rendszerek területén alkalmazható szimulációs technikák összehasonlító vizsgálata

Pétermann Szabolcs Péter

Summary

On the demonstrated example we can see, how well the model approaches the real system so for the further experiments (for example: optimisation) we have to use not the real system but the simulations model. On the “what is going on, if.....” question one can get a fast, exact answer without so much as further costs would arise. The simulation is widely accepted tool for planning, execution and operation of logistics systems. The importance of computer aided simulation grow on in the future and increasingly faster, more flexible and more cost effective simulation software is getting on the market, which can be applied in an increasingly wide range.

Bevezetés

A modern iparban az anyagáramlási és logisztikai rendszerek tervezése egyre nagyobb és nehezebb feladatot jelent, amelynek optimális megvalósítása jelentős költségsökkenéssel jár, mind a tervezés, mind az üzemeltetés területén. A téves döntések komoly anyagi vonzattal járnak, amely a tervezők munkáját és felelősségét nagymértékben befolyásolja. A szimuláció döntő előnyökkel szolgál a komplex feladatok megoldásánál, ezért célirányos alkalmazása az üzemtervezés és irányítás területén megfigyelhetően jelentősebbé válik.

Az anyagáramlási és logisztikai rendszerek tervezéshez szükséges modellek megépítését és alkalmazását a számítástechnika rohamos fejlődésével egyre több és szélesebb alkalmazhatóságú felhasználó-orientált szimulációs szoftver segíti, amelyek szolgáltatásai magas színvonalú tervezést és optimalizálást valósítanak meg.

1. Szimuláció alapjai:

A szimuláció definíciója: *Egy dinamikus folyamat leképezése egy modellbe, ahol a leképezés általában egy számítógépes program segítségével valósul meg.* A szimulációs modell minőségi és mennyiségi változtatásain keresztül jutunk el az adott rendszer kiértékeléséig, amiből újabb változtatások sorozatával létrejön az előre megadott célfüggvények által optimalizált modell, a kívánt

paraméterekkel rendelkező valós rendszer megtervezéséhez. A folyamat a 1 ábrán látható. A valóság lehet egy már megtervezett, vagy éppen tervezés alatt álló rendszer.

1. ábra A szimuláció folyamata

2. Egy anyagmozgató berendezés modellezése és szimulációja, valamint összehasonlítása a valós rendszerrel egy szimulátor program segítségével

A szimulációs tervezés technikája egy létező (Dortmundi Egyetem Anyagmozgatás és Raktározás Tanszék) könnyített kivitelű darabos szállító és szortírozó berendezés modellezésén kerül bemutatásra és utána összehasonlításra kerül - különböző paraméterek kiértékelése mellett – a valós rendszerrel.

Maga a berendezés egy kísérleti célokra használt szállító és papucsos szortírozó berendezés, így egyes szállító elemei a legkülönbözőbb és fajtájú berendezésekből:

- szállítószalagból;
- görgős pályából;
- görgős torlasztópályából;
- forgó asztalból;
- és csúszdából

állnak össze.

Két szintje közül az alsó főbb feladata a beérkező egységcsomagok torlasztása, a felső pályán az egyenletes anyagáram biztosítása a szortírozó berendezés felé, a két párhuzamos torlasztópálya segítségével, valamint maga a nagysebességű (1- 5 m/s) szortírozás. A rendszer felépítését a 2. ábra mutatja.

2.1 A rendszer modellezése

A modell felépítésénél figyelembe kell venni, hogy nem muszáj olyan részletesnek lennie, amilyen csak lehet, hanem csak olyan részletes legyen, amilyen a felmerülő problémák, kérdések megoldásához szükséges.

3. ábra A szállító és szortírozó berendezés felépítése

A rendszermodell egy számítógépes szimulációs program, **AutoMod** felhasználásával készült. Az elrendezési rajzok közvetlenül CAD-hez hasonló felületről vihetők be és külső CAD-adatok átvitelével állíthatók elő mérethelyesen. A modell nagyságát és bonyolultságát csak a rendelkezésre álló hardver (Pentium I-es PC) korlátozta. Különböző rendszerelemek, azok diszpozíciós szabályai, a főlérendelt vezérlés, a szállítást jellemző információk, stb. – a valós rendszer tulajdonságait figyelembe véve – ugyanabba a szimulációs modellbe integrálhatók. A beépítésre került logisztikai rendszerelemek paraméterei méréssel illetve számítással határozhatók meg.

A modell felépítését segítette, hogy az **AutoMod** program rendelkezik saját beépített parametrizálható logisztikai rendszerekkel (különböző raktártípusok, conveyorok, vezető nélküli szállító rendszerek, portálorobotok és futódaruk, humán erőforrás, különböző egyéb anyagmozgató-rendszer típusok), melyekkel a rendszer különleges programozói tudás nélkül is biztonságosan, gyorsan felépíthető.

A program másik nagy előnye, hogy a szoftverfejlesztő cég nagy hangsúlyt helyez arra, hogy a háromdimenziós animációt bizonyítási és bemutatási eszközként használja. A valós idejű animáció lehetővé teszi, hogy a szimulációs modell egy tetszőleges kameraállásból (vagy változó kameraállásból) tetszőleges nagyságban és tetszőleges sebességgel mozgó perspektivikus ábrán megtekinthető legyen.

2.2 Szimulációs futtatás és összehasonlítás

A szimulációs modell előre megadott idő intervallumban történő lefutása alatt az előre meghatározott paramétereket (bizonyos pályaszakaszok átfutási ideje, egye keresztmetszetek átbocsátóképessége, várakozási idő az egyes helyeken) a program a háttértárolóra mentette a további adatfeldolgozás céljából. A kiértékelt diagrammokat a 3. ábrán lehet látni.

3. ábra Pályaszakaszok összehasonlítása és prioritásvizsgálat

A pályaszakaszok összehasonlítása 6 különböző, egymást minimális úthosszakon átfedő pályaszakaszokon történt meg. A valós rendszer és a modell adott pályaszakaszainak különbségét magyarázhatja a rendszer kísérleti kialakításából származó két elem közötti sebességkülönbségből adódó átadási nehézségek, valamint a szállítóelemen belüli különböző meghajtási viszonyok. A prioritásvizsgálat a várakozási idők felhasználásával történt, amelyik elemnek kisebb a várakozási ideje nagyobb a prioritása.

Összefoglalás

A bemutatott példán keresztül is jól látható, hogy a modell mennyire jól megközelíti a valós rendszert, tehát további kísérletek (pl. optimalizálás) elvégzéséhez nem a valós rendszert kell a továbbiakban használni, hanem a szimulációs modellt. A „Mi lenne, ha?” kérdésekre gyors, pontos válaszok kaphatók, anélkül, hogy további költségek merülnének fel. A szimuláció ma már általánosan elismert eszköz a logisztikai rendszerek tervezésékor, megvalósításakor és működésekor. A számítógépes szimuláció jelentősége a jövőben tovább nő, egyre gyorsabb, rugalmasabb és kifizetődőbb szimulációs szoftverek kerülnek a piacra, amelyek egyre szélesebb körben felhasználhatóak.

Irodalom

- [1] R. Jünemann: Materialfluß und Logistik: systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispiel, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio, Hong Kong 1989.
- [2] R. Jünemann: Von der Fördertechnik zur Logistik, Verl. Praxiswissen, Deutschland, Dortmund 1997
- [3] AutoSimulation's: AutoMod User's Manual Volume 1+2, USA, Bontiful, Utah 84010 1998

Pétermann Szabolcs
 Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány
 Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
 H-3519 Miskolc-tapolca, Iglói út 2.
 Tel.: 36 46 560134; Fax: 36 46 369438
 E-mail: petermann@bzlogi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

KEMÉNY ESZTERGÁLÁS ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA ÉLTARTAMKÍSÉRLETEK ALAPJÁN

Kundrák János

Vajda Gyula

Summary

Hard turning has been used more and more widely for finishing of hardened and superhard steels and cast irons. The substitution of types of machining (for example abrasive machining) can become generally used if - besides the accuracy and quality requirements concerning the parts - this type of machining is more economical, too. This paper outlines comparative examinations concerning tool life in hard turning carried out with CBN tools. The results of experiments with tools of different quality and edge form were evaluated with a relationship in a way, which may promote not only the determination of technological data, but also decisions of cost efficiency.

Bevezetés

Ami néhány éve csak elképzelés volt, mára valósággá vált: nagykeménységű anyagok befejező megmunkálásakor a köszörülés reális alternatívája lett a határozott élű szerszámokkal végzett forgácsolás. A kiváló felületminőség mellett biztosítható az alkatrész előírt pontossága is, az időegység alatt leválasztható nagyobb anyagmennyiség pedig gazdaságosabbá teheti a szerszámok alkalmazását. Különösen nagy ez az előny furatmegmunkálásnál, hiszen a furat átmérője meghatározza az alkalmazható korongátmérőt. A CBN szerszámok viszonylag magas ára, és az alkatrészekre vonatkozó szigorú követelmények szükségessé tették a forgácsolási folyamat tanulmányozását, a törvényszerűségek megismerését. Az alábbiakban a teljes sebességtartományra érvényes éltartam összehasonlító vizsgálatait, valamint az éltartam-összefüggés meghatározását mutatjuk be.

1. Éltartamegyenlet

Az éltartamot meghatározó kopás igen bonyolult mechanikai, vegyi, termikus, elektromos, stb. folyamatok során alakul ki. A forgácsolási feltételek változásával a szerszám mechanikai és termikus terhelése változik, a kopásösszetevők aránya módosul, s ez matematikailag nehezen kezelhető. Az évek során igen sok javaslat született a függvény egyszerűsítésére approximációs görbék segítségével. Mi a kísérletek kiértékelésére egy új, általános éltartamegyenletet (Kundrák, 1996 [1]) alkalmaztunk. A javasolt új általános éltartamegyenlet az eddigiektől teljesebben és pontosabban tükrözi a forgácsolási jelenségek fizikai törvényszerűségeit. A teljes éltartamgörbe leírására alkalmas összefüggés a forgácsolásban alkalmazott jelölésekkel kifejezve a következő alakban írható fel:

$$T = \frac{C_{T_1}}{v_c^3 + C_{T_2} v_c^2 + C_{T_3} v_c} \quad (C_{T_1}, C_{T_2}, C_{T_3} \text{ a forgácsolás paramétereitől függenek})$$

A forgácsolt úthossz pedig:

$$L = T \cdot v_c; \quad L = \frac{C_{T_1}}{v_c^2 + C_{T_2} v_c + C_{T_3}}$$

A javasolt formula leírja az éltartam függvény poliextremális struktúráját, miközben a szélsőértékek helye (a T és a v_c tengely mentén) a forgácsolási paraméterektől – előtolás, fogásmélység és megmunkált átmérő - függ. A $T=f(v_c)$ függvény $L=f(v_c)$ összefüggéssé alakítása révén az éltartamhoz tartozó forgácsolt úthosszra egy maximummal rendelkező függvény adódik, amely hűen kifejezi a kísérletek során kapott eredményeket.

2. Kísérleti feltételek

Kísérletünket furatesztergáláskor végeztük, mivel furatesztergálásnál a forgácsleválasztást intenzívebb folyamatok jellemzik, és a szakirodalom esztergálásra már számos eredményt tartalmaz. A kísérleti feltételek az alábbiak voltak:

- forgácsolószerszámok:
  - Kompozit 01 és Kompozit 10; $\gamma=5^\circ$; $\alpha=\alpha'=15^\circ$; $\lambda=0^\circ$; $\kappa_r=45^\circ$; $\kappa_r'=2^\circ$; $\kappa_r''=15^\circ$; $b_\epsilon=0,3$ mm/;
  - K10D kör alakú forgácsolólapka RNMN 050400 Ø 5,56; H=3,97 mm;
  - K10D kör alakú élezett forgácsolólapka RNMN 050400 Ø 5,56; H=3,97 mm $\gamma=5^\circ$; $\alpha=\alpha'=15^\circ$; $\lambda=0^\circ$; $\kappa_r=45^\circ$; $\kappa_r'=2^\circ$; $\kappa_r''=15^\circ$; $b_\epsilon=0,3$ mm/;
  - K10D rombusz alakú forgácsolólapka CNVN 040404 Ø3,97 mm; H= 3,97 mm;
- munkadarab: edzett csapágyacél: 100Cr6 HRC 62±2; Ø60 mm;
- szerszámgép: E400-1000 egyetemes eszterga;
- technológiai adatok: $f=0,062$ mm/ford; $a_p=0,1$ mm; kopáskritérium: VB=0,4 mm.

3. Kísérleti eredmények és kiértékelésük

A CBN szerszámok kopását is a polikristályos jelleg határozza meg. A kopás elsősorban a hátfelületen lép fel, és döntően ez határozza meg az éltartamot is. Ezért a kopás jellemzésére a hátkopást, s kritériumként ennek 0,4 mm-es nagyságát választják. A hátkopás ilyen értékéig a CBN szerszámok megőrzik jó forgácsolóképeségüket, a forgácsolóerő növekedése jelentéktelen, a megmunkált felület érdessége nem romlik észrevehetően [1] [2].

A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a forgácsolósebesség függvényében az éltartam az 1. ábrán bemutatott jelleggörbe szerint változik. A mérési eredményeket az 1. és 2. táblázatban foglaltuk össze. A kísérletek során azt tapasztaltuk, hogy a kompozit (CBN) szerszám munkaképességére jelentős hatással van a szerszám homlokfelületén keletkező védőréteg, a fémes felrakódás. Ez a forgácsolási folyamatot alapvetően meghatározó jelenség. Az első sebesség-tartományban ($v_c < v_{c12}$) a felrakódás éppen csak elkezdődik, de nem stabil a védőréteg. A másodikban ($v_{c12} < v_c < v_{c23}$) stabilizálódik, a harmadikban ($v_c > v_{c23}$) pedig teljesen hiányzik [1] [2].

A többváltozós nemlineáris regressziós problémát a Simplex minimumkeresési eljárással megoldva meghatároztuk az éltartam-egyenlet C_{T_1} , C_{T_2} és C_{T_3} paramétereit. A 3. táblázatban e paraméterek számított értékei mellett megadtuk minden görbéhez az R^2 (korrelációs koefficiens) és az R_a^2 (korrigált korrelációs koefficiens) mutatóit is.

1. ábra
Az szerszámtartam és a forgácsoló úthossz jelleggörbéi

A szerszáméltartam mért értékei

1. táblázat

Szerszám	T [min]											
	v_c [m/min]											
	11	20	29	40	50	55	62	68	82	92	105	120
K01	302	225	212	227	211	196	155	114	51	32	24	16
K10	181	154	172	206	141	95	50	31	15	12	8	7
K10D k.a.	125	76	75	69	80	87	98	128	160	138	71	32
K10D k.a.é.	131	98	90	112	133	138	133	110	38	32	16	11
K10D r.a.	128	107	90	102	152	170	171	112	37	25	14	9

A forgácsolt úthossz mért értékei

2. táblázat

Szerszám	L [m]											
	v_c [m/min]											
	11	20	29	40	50	55	62	68	82	92	105	120
K01	3322	4500	6148	9080	10550	10780	9610	7752	4182	2944	2520	1920
K10	1991	3080	4988	8240	7050	5225	3100	2108	1230	1104	840	840
K10D k.a.	1375	1520	2175	2760	4000	4785	6076	8704	13120	12696	7455	3840
K10D k.a.é.	1441	1960	2610	4480	6650	7590	8246	7480	3116	2944	1680	1320
K10D r.a.	1408	2140	2610	4080	7600	9350	10602	7616	3034	2300	1470	1080

Az éltartamegyenlet együtthatói és a korreláció paraméterei

3. táblázat

Szerszám	C_{T1}	C_{T2}	C_{T3}	R^2	R_a^2
K01	$7,60 \cdot 10^6$	- 103,51	3385,3	98,74 %	97,88 %
K10	$2,21 \cdot 10^6$	- 84,17	2034,2	97,78 %	96,92 %
K10D k.a.	$7,19 \cdot 10^6$	- 170,68	7824,1	94,89 %	93,75 %
K10D k.a.é.	$4,11 \cdot 10^6$	- 121,68	4209,3	98,22 %	97,82 %
K10D r.a.	$3,68 \cdot 10^6$	- 118,75	3898,9	93,74 %	92,35 %

4. Következtetés

Bizonyítást nyert a javasolt éltartamegyenletnek az az előnye, hogy a teljes forgácsolósebesség-tartományra érvényes, és a gyakorlatban alkalmazható. A kopás- és éltartamkísérleteket a megszokott módon elvégezve meghatározhatók az egyenlet együtthatói. További feladat, hogy irodalmi adatok feldolgozásával és éltartamkísérletek segítségével kielégítően széles adatbázist hozzunk létre.

Irodalom

- [1] J. Kunderák: The Scientific Principles of Increasing the Effectiveness of Inner Surfaces' Cutting with CBN Tools, Academic Doctoral Dissertacion. Harkov, 1996.
- [2] J. Kunderák: Results of research on the field of cutting with CBN tools. 2nd International Conference on Development of Metal Cutting, Košice, Slovakia, 1998, pp.H6-H11.

Dr. Kunderák János, a műszaki tud. doktora
Miskolci Egyetem
Gépgyártástechnológiai Tanszék
H-3515 Miskolc Egyetemváros
Tel.: 36 46 565111/1583; Fax: 36 46 364941
E-mail: ggytkj@gold.uni-miskolc.hu

Vajda Gyula
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány
Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
H-3519 Miskolctapolca, Iglói út 2.
Tel.: 36 46 560132; Fax: 36 46 369438
E-mail: vajda@bzlogi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Hűtőgép újrahasznosítás menedzsment problémái gyakorlati tapasztalatok alapján

Garamvölgyi Ernő

István Zsolt

Summary

The take-back, reverse logistics and recycling of end-of-life electrical and electronic equipment is one of the major and most controversial environmental issues being addressed by the European Union, Member States, and various manufacturing, logistics, treatment and recycling industry areas. In 1999, DG XI of the European Commission issued a Third Draft of a "Proposal for a Directive on Waste from Electrical and Electronic (EE) Equipment". The EUREKA-MIRO (Management Strategies for the Implementation of Reuse and Recycling in Industrial Organisations - EU1648) project was formed by research institutes and producers in Europe to implement management strategies to improve the connection between the participants in the closed loop economy. BAYLOGI - as a partner in the MIRO project – teamed up with the Hungarian subsidiary company of Electrolux Co. to start a research work financed by the Hungarian National Committee for Industrial Development to build up the theoretic bases of the environmentally sound electric product recycling. Results of the project will be presented in this paper.

Bevezetés

Az elhasznált elektronikai és elektromos termékek visszavétele, begyűjtése és újrahasznosítása egyike a legfontosabb környezetvédelmi problémáknak az Európai Unióban, illetve a kelet-európai régióban. Az Európai Unió a kérdés megoldásának elősegítésére olyan elvek kidolgozását tűzte ki célul, amely az Unió tagországai számára irányt mutatnak a törvényi szabályozás kidolgozásához. A szabályozás előírja majd, hogy a gyártók kötelezően felelősséget kell vállaljanak termékeik begyűjtéséért és újrahasznosításáért a termékek elhasználódása után. Az irányelvek teljesítéséhez szükséges kutatási feladatok elvégzésére számos gyártó részvételével konzorciumok alakultak, melyek nemzetközi projektek keretében közösen készülnek fel az irányelvek alapján kidolgozásra kerülő EU direktíva kihívásaira.

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete (BAYLOGI) számos olyan nemzetközi kutatási programban vett és vesz részt, amely az elektronikai termékek újrahasznosításával foglalkozik. Az EUREKA-INTO-CLEANTECH[2] és az INCO-RECAP[3] projektek az elhasznált hűtőgépek újrahasznosításának technológiai fejlesztését tűzték ki célul. Az EUREKA-MIRO[1] program az elhasznált elektronikai termékek újrahasznosításának menedzsment

kérdéseivel foglalkozott. A jelenleg futó EUREKA-CARE-Electronics program - számos multinacionális gyártó (Philips, Nokia, IBM, Sony, stb.) és kutatóintézet együttműködésével – az elektronikai termékek környezetbarát kialakítását, gyártását és újrahasznosítását tudományos megközelítésben vizsgálja.

1. Az újrahasznosítási ipar támogatási rendszere Magyarországon

Az elektronikai termékek egy része Magyarországon az ún. termékdíjas termékek csoportjába tartozik – ilyen termék például a hűtőszekrény –, de a közeljövőben várhatóan a termékdíjas termékek csoportjába az összes elektronikai termék bekerül. A termékdíjas finanszírozási rendszer elve, hogy minden gyártó, amely e körbe tartozó terméket gyárt, termékének újrahasznosításához anyagilag hozzájárul oly módon, hogy az ehhez szükséges pénzt egy meghatározott alapba (ún. KAC) befizeti. E pénzalapból államilag finanszírozzák a termékek begyűjtését és környezetbarát újrahasznosítását. Az újrahasznosítást végző cégek elszámolási ívek kitöltésével igazolják az általuk elvégzett ártalmatlanítási feladatokat, majd ezen ívek alapján részesülnek a gyártók által befizetett termékdíjból.

A Lehel-Electrolux – mint Európa egyik legnagyobb hűtőszekrény gyártója – hűtőgépek újrahasznosításával foglalkozó üzemének beindításakor megkötött szerződés értelmében minden átvett hűtőszekrényért 1500 Ft támogatást kapott a termékdíj alapból. Ez az összeg nem volt elegendő arra, hogy a beszállítást végző alvállalkozók költségeit fedezze, így a kezdeti begyűjtött mennyiség a feldolgozható mennyiségtől messze elmaradt. Az üzem fellendítése érdekében a támogatás összegét 4200 Ft-ra emelték, így viszont a beszállítóknak kifizetett hűtőszekrényenkénti 2700 Ft az elhasznált hűtőszekrények begyűjtését igen jól jövedelmező vállalkozássá emelte. Számos kisvállalkozás alakult a tevékenység elvégzésére és a begyűjtött hűtőszekrények száma megsokszorozódott. Ez az ugrásszerű növekedés a Lehel újrahasznosítással kapcsolatos menedzsment rendszerének újragondolását követelte meg, amely az EUREKA-MIRO program keretében került megvalósításra.

2. A menedzsment rendszer feladatai és felépítése

A kialakított menedzsment rendszer feladatai a következők:

- beszállításütemezés, a raktárkészlet optimalizálása,
- hűtők átvételének kezelése,
- bontás optimalizálása és nyomon követése a raktárkészlet ellenőrzésével,
- a bontott anyagok kiszállításának nyilvántartása,
- teljes pénzügyi adminisztráció
- vezetői döntés-előkészítés naprakész információk biztosításával.

A Lehel-Electrolux törökszentmiklósi telephelye, a bontóüzem és a Jászberényben található Electrolux központ közötti nagy távolságok miatt a rendszert több részre kellett osztani:

- a hűtőgépek átvételét a törökszentmiklósi bontóüzem területén végzik, ide került az átvételi rendszer,
- a kimutatások és pénzügyi adminisztráció a törökszentmiklósi telephelyen történik,
- a vezetői döntések Jászberényben születnek, illetve itt történik a kifizetés és a számlák kiegyenlítése.

Az információs rendszer magja, és adatbázisa a törökszentmiklósi telephelyen található, így a Jászberényben található központ, illetve a bontóüzem számítógépei modemen kapcsolódhatnak a rendszerbe (ábra 1).

1. ábra A kialakított menedzsment rendszer felépítése

2. Ábra Raktárnyilvántartás és ütemezés

A bontóüzem működésében kezdetben az ingadozó raktárkészlet rendkívül komoly gondokat okozott. A kezdeti alacsony beszállítási arány utáni hirtelen fellendülés hatására a raktárkapacitás elégtelennek bizonyult, újabb, bérelt raktárhelyek kialakítására volt szükség, amely a tervezett költség-bevétel viszonyt felborította. A probléma megoldására a menedzsment rendszerben kialakításra került egy beszállítás ellenőrző és raktárkészlet optimalizáló modul, amely beütemezi a beszállítást oly módon, hogy az a lehető leghamarabb megtörténjen és a raktárkészlet közel optimális szinten maradjon, illetve egyes beszállítások elmaradása, vagy feldolgozási kapacitásváltozás esetén a beszállításokat az aktuális helyzetnek megfelelően átütemezi (2.ábra).

A hűtőgépek átvétele szemrevételezéssel történik, az átvett hűtőgépeket három csoportba sorolják: hiányos hűtőkörű kompresszoros, teljes hűtőkörű kompresszoros, illetve abszorpciós elven működő gépek. Az átvételkor az átvevő a rendszerbe az átvett termékek adatait felviszi, továbbá a beszállító egy átvételi elismervényt kap, amellyel a Lehel jászberényi központjában a beszállított hűtőgépek ellenértékét átveheti. Minden átvételi elismervényre speciális biztonsági azonosító kerül, ami alapján annak valósága egyértelműen eldönthető.

A bontáskor keletkező anyagfrakciók, illetve alkatrészek kiszállításának teljes nyilvántartása a rendszer feladata. A kiszállított anyagfrakciók további sorsa a környezetbarát újrahasznosítás esetében kulcskérdés. A Lehel a bontott anyagokat szakvállalkozóknak adja át, akik az anyagból új terméket állítanak elő.

A hűtőgép feldolgozás költség-bevétel rendszerének áttekintése naprakész adatokkal megoldható. A menedzsment a rendelkezésre álló adatok alapján hozhat döntéseket a rendszer segítségével (4.ábra).

A Lehel, mint a magyarországi hűtőgép újrahasznosítás programgazdája – az újrahasznosításra és ártalmatlanításra hivatalosan feljogosított szakvállalkozó – a KAC felé köteles évenkénti elszámolást küldeni, amely tartalmazza a teljes anyagmérleget és költség-számításokat. A kidolgozott rendszer a tárolt adatok alapján automatikusan összeállítja a szükséges dokumentumokat (3.ábra).

3. Következtetések

Az elektronikai termékek újrahasznosítása mind az Európai Unióban, mind Kelet-Európában sürgető, napi probléma mennyiségi és veszélyességi szempontból is. A begyűjtési és újrahasznosítási folyamat

6. számú melléklet a 10/1195.(IX.28) rendelet 14.§ -hoz
Igénylőlap rendszeres támogatásra I.
1998. évre

A bontás ideje:	A termék megnevezése	A termék azonosítója	D
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
január	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
február	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
március	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
április	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
május	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
június	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	

3. Ábra KAC jelentés készítése

4. Ábra Adatok szemléltetése grafikonon

nem teljesen önffinanszírozó tevékenység, beindításához pénzalapokra, állami támogatásra van szükség. A begyűjtés és újrahasznosítás, mint ipari tevékenység megfelelő támogatási rendszerrel jövedelmező gazdasági ágazat lehet. Ez az ágazat sok ember számára jelenthet biztos megélhetést, figyelembe véve, hogy a tevékenység nagyrészt kézi munkára épül, még az EU-ban is, az automatizáltsági fok alacsony. A tevékenység elvégzéséhez különleges képzettségre nagyrészt nincsen szükség, a munkát betanított munkások végzik, így az újrahasznosítási iparág azoknak jelenthet megélhetési lehetőséget, akik a gazdasági változások során a leginkább kiszolgáltatottá váltak.

4. Összefoglalás

Az elektronikai termékek problémája a veszélyes-anyag tartalom és a nagy mennyiség miatt komoly környezeti problémát okoz a termékek használatból kikerülése után. E probléma megoldása sürgető feladat. Az EU kezdeményezések felgyorsították a probléma megoldását célzó folyamatokat, a gyártók mind nagyobb erőfeszítéseket tesznek a rendkívül komplex probléma megoldására. A Lehel-Electrolux magyarországi hűtőgépbontó üzemének kialakítása mintaként szolgált a magyar újrahasznosítási ipar számára, megoldva a menedzsment (finanszírozás, nyilvántartás) kialakítása során felmerült problémákat, nehézségeket.

Irodalom

- [1] Cser, L., István, Zs., Garamvölgyi, E. Computer Integrated Lyfe Cycle Management, The Next Millenium, 6th International CIRP Seminar on Life Cycle Engineering, Kingston, Ontario, Canada, 1999., pp 314-322.
- [2] Cser, L., Mang, B., István, Zs. Design for disassembly technologies of used household appliances concerning recycling and reuse, Proceedings of ICED'97, Tampere, Finland, 1997., pp.355-358.
- [3] Cser, L., Schwarz, N., István, Zs. Material & Technological Aspects of Life Cycle & Ecodesign, Proceedings of International Workshop on Environmental and Economic Issues in Metal Processing, Nara, Japan, 1998., pp. 247-255.

Garamvölgyi Ernő
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány
Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
H-3519 Miskolctapolca, Iglói út 2.
Tel.: 36 46 560119; Fax: 36 46 369438
E-mail: erno@bzlogi.hu

István Zsolt
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány
Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
H-3519 Miskolctapolca, Iglói út 2.
Tel.: 36 46 560144; Fax: 36 46 369438
E-mail: zsolt@bzlogi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A hűtőgépfeldolgozás magyarországi helyzete

Bodnárné Sándor Renáta, Murvai József

1. Summary:

Realisation of waste's value and it's recycling and operation has already started in Hungary as well as in other East European countries. The main moment of initial stages are surveys and getting acquainted with production processes, components and parts. Then the view of life cycle gives a starting-point to the collection of waste. Further to getting population interested, creating optimal working method and suitable logistics network, the role of government is very important in treatment of waste.

The Bay Zoltán Institute and the LEHEL factory worked out together a conceptual and practical system for recycling refrigerators. This system has been working up to now. At the moment the LEHEL as the recycling system proprietor is the only one in the country who follows this method. This article provides an inside view into this process.

2. Bevezetés

A környezetvédelem legfontosabb célja megfelelő életkörülmények révén az ember egészségének és fennmaradásának biztosítása, anyagi, szellemi javainak védelme. Az egyik meghatározó területe a hulladék káros környezeti hatásai elleni védelem.

A termelés környezetterhelésének felismerésével megváltozott a termékek korszerűségének ismérve. A termelékeny és hatékony gyárthatóság, ill. a tartósság, az alkalmazhatóság és az ergonómia követelményei mellett ma már az is nagyon fontos, hogy a termék sem gyártása, sem felhasználása során, sem pedig hulladékká válása után ne terhelje károsan a környezetet.

A hulladék keletkezésének megelőzése, mennyiségének csökkentése és a legalacsonyabb szinten tartása a hulladékgazdálkodás feladata.

3. A hulladék mennyiségének alakulása:

Az előző fejezetben hangsúlyozott elveket követve kezdte elhasználódott hűtőszekrény és fagyasztóberendezés begyűjtési és feldolgozási tevékenységét a LEHEL –Electrolux Hűtőgépgyár

Kft., melynek szakmai háttérét a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézetének újrahasznosítási osztálya adta. Ez alapján felmérésre került Magyarországon - a KSH évkönyv szerint - a háztartásokban megtalálható hűtőszekrények száma, mely kb. 3.600.000 db ,míg a fagyasztók száma 2.100.000 db körüli értéken mozgott (1. Táblázat).

Régió	Hűtőgép	Fagyasztó
Budapest	786.484	361.782
Pest megye	315.637	221.271
Észak - Magyaro.	423.231	232.094
Észak - Alföld	490.762	255.823
Dél - Alföld	472.576	286.014
Nyugat - Magyaro.	340.440	241.400
Észak - Dunántúl	378.625	253.678
Dél - Dunántúl	357.466	240.100
Σ	3.565.221	2.092.162

1. Táblázat A hűtők és fagyasztók száma régióként (KSH évkönyv, 1996)

A hűtőberendezések elavulási idejét Magyarországon meglehetősen nehéz meghatározni, mivel:

- Aránylag szegény népesség nem vásárol új hűtőt, és ragaszkodik a régihez annak ellenére, hogy az kopott, divatjamúlt és „energiafaló”.
- A régi berendezés megfelel a háztartás „második berendezés”-ének, vagy a hétvégi házban időszakos üzemeltetéssel, csökkentett használati értékkel még üzemképes.

4. Támogatási rendszer

Az 1995 vége óta szedett környezetvédelmi termékdíjakból befolyó bevételekből támogatta a Központi Környezetvédelmi Alap (KKA), a környezetvédelmi tevékenységet folytató vállalatokat, többek között a jászberényi Lehel Hűtőgépgyár Kft. azon pályázatait, amelyek keretében a Kft. 23.5 millió forint vissza nem térítendő és 10 millió forint kamatmentes támogatás fejében évente 30-40 ezer használt, kidobott hűtőgépet szerelt szét, hogy a bennük levő freont visszanyerje, majd újrahasznosítsa. Egy használt hűtőberendezés visszagyűjtéséért és ártalmatlanításáért egyébként az arra kijelölt ügynevezett programgazda - ez ideig a Lehel az egyetlen erre vállalkozó cég - darabonként 1400 forintos rendszeres támogatásban részesült.

A későbbiekben változott a támogatás mértéke, így a megnövekedett támogatástól a felek a rendszer javulását várták. De nem számoltak azokkal a kisvállalkozókkal, akik a támogatás növekedésének a hallatán egy hónap leforgása alatt közel 30.000 db hűtőberendezést szállítottak be, illetve adtak át a törökszentmiklósi telepen. Ez az Electrolux-nál is némi zavart keltett, mivel a beszállítók zöme kisbeszállító volt, s nem voltak felkészülve ilyen nagy mennyiségnek az átvételére és tárolására sem. Ezért az Electrolux 1998 első negyedévének a végén, egy hónapra befagyasztotta a hűtőgép átvételt, és egy új rendszer kialakításába kezdett. (Ez látszik az 1. Ábra adataiból, illetve hozzá szorosan kapcsolódik a 2. Ábra).

1. Ábra

2. Ábra

5. Hűtőberendezések, fagyasztóberendezések feldolgozása

A hűtőgépfeldolgozás két jól elkülöníthető ütemben valósult meg, mely figyelembe veszi az alkotóelemek veszélyességi osztályát és arányát. (Az összetételt a 4. Ábra mutatja).

Kézi feldolgozás

Kézi munkával történő szétszerelés idő és munkaigényes feladat. Ez volt a hűtőszekrények szétszerelésének első lépése, ahol először a veszélyesnek minősülő freont választották el, majd kézi vágóberendezéssel a berendezés ajtaját. A szintén veszélyesnek számító szigetelőréteget: a PUR-habot a gépi feldolgozás után különítették el a fémes részekről. Az újrafelhasználható alkatrészek értékesítéséből fedezni lehet a szétszerelés egy részét, de ez nem számít jelentős bevételi forrásnak. A megmaradó nagyobb mennyiséget további feldolgozással lehet - például másodnyersanyagként - hasznosítani (ilyen, pl.: a fém, a műanyag, és ma már értékesíthető a veszélyes gáztól mentesített, tömörített szigetelő réteg is).

Gépi feldolgozás

A gépi feldolgozás ebben az esetben két külön fázisra bontható:

- Az elsőben az ajtó nélküli hűtőszekrényt tették lapformájúvá, hiszen ez által könnyebbé vált a további elválasztás
- Majd a leválasztott PUR-habból szívták el egy zárt rendszerben a veszélyes freont, a tömörített brikett alakú anyagot a továbbiakban értékesítették építőelem gyártó cégeknek.

A Lehel- Electrolux által üzembehelyezésre kerülő feldolgozási technológia az Adelman AG fejlesztése, mely technológiai lépéseit a következő 3. Ábrán lehet látni.

3. Ábra A hűtőgép szétszerelés és újrahasznosítás technológiájának lépései

4. Ábra Összetétel

A hűtőberendezések feldolgozása Magyarországon megkezdődött, de további módosításokra és támogatásokra szorul. Az együttműködésért, - mely a környezet, így az ember javát is szolgálja- mind a szakembereknek, mind a lakosoknak tenniük kell.

Bodnárné Sándor Renáta / tudományos munkatárs

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

3519 Miskolctapolca, Iglói u. 2.

renata@bzlogi.hu

Murvai József

Huntsman Hungary Rt.

jozsef-murvai@huntsman.com

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

ELMÉLETI MÓDSZER A LEFEJTŐMARÓVAL GYÁRTOTT HOMORÚ PROFILÚ CSIGAHAJTÁSOK HORDKÉPÉNEK JAVÍTÁSÁRA

Mosoni Tibor

Summary

This work represent a simple method to optimize the geometry of the worm hob.

1. BEVEZETÉS

A simító csigakerék lefejtőmaró éleinek olyan helyettesítő csiga fogfelületen kell elhelyezkedniük, amely azonos annak a valós csigának a fogfelületével, amellyel a megmunkált kerék fog kapcsolódni. A lefejtőmaró geometriai kialakítását alapvetően a csiga geometriája határozza meg.

Azonban a marónak újraélezési tartalékkal kell rendelkeznie ezért a lefejtőmaró osztóhenger átmérő értéke függ a maró élezési állapotától. Azáltal, hogy a csigakereket megnövelt átmérőjű szerszámmal munkáljuk meg, két származatófelületes leképzést hozunk létre. Ezzel megszűnik az agzakt kapcsolódás lehetősége csiga-csigakerék között. A megmunkálásnál alkalmazott korrekciók (technológiai tengelytávolság, megmunkálási tengelyszög) nem adnak lehetőséget az egzakt kapcsolódásra, csak a durva kapcsolódási hibát küszöböli ki és segíti a lokalizált hordkép kialakítását.

A lefejtőmaró osztóhenger átmérő értéke függ a maró élezési állapotától. Ameddig a csigakerék származató felülete kisebb görbületű ($D_{df} > D_{dl}$) mint a csigakerékkel kapcsolódó csiga származató felülete, addig a görbületi viszonyok kedvezőek és a hordképlokalizálást segítik. Határesetben ($D_{df} = D_{dl}$) megvalósul a teljes leképzés, ($D_{df} < D_{dl}$) meretekenél a hordkép két részre esik szét "kilyukad". Ezek figyelembevételével $D_{df} = D_{dl}$ maximális utánaélezési állapotig használható a lefejtőmaró.

A homorú profilú csigahajtások esetén a kapcsolódás egy homorú és egy domború felület között jön létre, így a helyes hordkép kialakítása (bejáratása) hosszadalmasabb és költségesebb mint más szabványosított csigahajtások gyártásakor.

A műszaki gyakorlatban ismert különböző számítási eljárások [1, 4] esetén a csigamaró burkolócsigáját a csiga normál - vagy axiálprofiljának csavarmozgása hozza létre.

Az itt bemutatásra kerülő eljárás mélyebb térgeometriai ismereteket igényel és segítségével olyan burkolócsigát kapunk, amelyik segíti a hordkép lokalizálását.

2. Csigakerék lefejtőmarók optimális burkolócsigájának meghatározása

A burkolócsiga meghatározására a szerző egy szoftvert készített, melynek lényege, hogy a valós és elméleti kerékfogfelületek S_R , S_2 egy központosított L_8 görbe mentén érintkezzenek.

1. ábra Lokalizált hordkép kialakításának elméleti módszere.

A burkolócsiga osztóhenger átmérője a [4] alapján:

$$D_{df0} = \frac{D_{df\max} + D_{df\min}}{2} \quad (1)$$

$-D_{df\max}$ és $D_{df\min}$ a csigamaró legnagyobb és határestben legkisebb osztóhenger átmérője.

Az S_R és S_2 felületek érintkezésének feltételei az L_δ görbe mentén:

$$\begin{aligned} \vec{R}_2 &= \vec{R}_R; \\ \vec{N}_2 &= \vec{N}_R; \end{aligned} \quad (2)$$

$-\vec{R}_2, \vec{R}_R$ az S_2 és S_R felületek helyvektorainak oszlopa egy adott S rendszerben;

$-\vec{N}_2, \vec{N}_R$ az S_2 és S_R felületek normálisainak oszlopa egy adott S rendszerben;

A meghatározandó burkolócsiga helikoid ezért a következő összefüggés érvényes:

$$y_0 \cdot n_{x0} - x_0 \cdot n_{y0} = p_0 \cdot n_{z0}; \quad (3)$$

$-y_0, x_0$ a burkolócsiga helyvektorai;

$-n_{x0}, n_y, n_{z0}$ a burkolócsiga normálisai;

$-p_0$ a burkolócsiga menetemelkedés (a csigamaró bedöntési szögének függvénye);

Adottnak tekintve az S_2 felület egyenletét meg kell határozni a burkolócsigát leíró L_0 görbe egyenletét úgy, hogy a (2) és (3) egyenletek érvényesek maradjanak a görbe minden pontjára. Kiderül, hogy van két egyenlet egy változóval és egy változtatható paraméterrel (csigamaró bedöntési szöge), így csak az M pontra érvényesek a (2) és (3) összefüggések.

A görbe többi pontját pontról-pontra a számítógépes gyakorlatban jól ismert megközelítéssel (két egyenlet egy változóval, mert a bedöntési szöget már meghatároztuk) számíthatjuk ki. Ismerve az L_0 görbe pontjait a helikoid származtatására, használhatjuk az [5] egyenleteit.

A fent említett algoritmust az [1] és [4]-ben javasolt módszerekkel összevetve, Cavex típusú csigamarók tervezésénél elemezték. A különböző eljárásokkal keletkezett hordképeket a 2,3,4 ábrák szemléltetik.

2.ábra A bejáratás elején elméletileg elérhető hordkép ha L_0 a csiga axiálmetszete.

3.ábra A bejáratás elején elméletileg elérhető hordkép ha L_0 a csiga normálmetszete.

4.ábra Optimalizált burkolócsigával elméletileg elérhető hordkép a bejáratás elején.

A kapott eredményeket alapul véve, valamint más kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy a fenti módszerrel kb. 10%-kal megnövelhető az elérhető hordkép és kb. 20%-kal csökkenthető a bejáratás időtartama. A kapott bedöntési szög számottevően különbözik a szakirodalomban ismert összefüggésekkel kapott értékektől.

Irodalom

1. Dudás, I. Csavarfelületek gyártásának elmélete. Doktori értekezés tézisei, Miskolc, 1988.
2. Dudás, I. Ivelt profilú hengeres csigahajtások egyszerűsített gyártása és minősítése. Egyetemi doktori disszertáció. Miskolc, 1973.
3. Dudás, I. Ivelt profilú csigahajtások szerszámozásának és gyártásának fejlesztése. Kandidátusi értekezés. Miskolc, 1980.
4. Gyenge, Cs. Contributii asupra imbunatatirii preciziei frezor-melc pentru executarea angrenajului melcat duplex. Doktori értekezés tézisei. I. P. Kolozsvár, 1979.
5. Litvin, F.L. A fogaskerék kapcsolat elmélete. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1972.
6. Mosoni, T. și Gyenge, Cs. Considerații funcționale și tehnologice asupra angrenajelor melcate cavex, M.T.M. Cugir, 1991.
7. Szapanyos, M. Contribuții la îmbunătățirea performanțelor angrenajelor melcate cilindrice prin reprofilarea flancurilor melcului. Doktori értekezés tézisei. I. P., Kolozsvár, 1983.

Mosoni Tibor doktorandusz
3900 Szatmárnémeti, Miron-Costin u. 23/A
tel. 061/710417

AZ ELLENÁLLÁSPONTHEGESZTÉS VÉGESELEMES MODELLEZÉSÉNEK SAJÁTOSSÁGAI

Szabó Péter

This paper contains the results of a research work, in which the results of Finite Element Modeling of resistance spot welding were used in interpretation of formation process of resistance spot welded joint. The task of the work was to build a mechanical and a thermal model for resistance spot welding simulation.

Bevezetés

Az ellenállásponthegesztést 1877-ben Elihn Thomson találta fel és alkalmazása gyorsan el is terjedt a vékonylemezes konstrukcióknál. Annak ellenére, hogy a technológia több mint 100 éves az eljárás fizikai jelenségeit még nem sikerült teljes mértékben megérteni.

1. Célkitűzés

A szakirodalom áttekintése után arra a következtetésre jutottam, hogy a legalapvetőbb problémát az ellenállásponthegesztésben a két lemez közötti érintkezési ellenállás kezelése jelenti. Ennek meghatározása azért is bizonytalan, mert kémiai, mechanikai, termikus és metallurgiai jelenségek összetett kölcsönhatásából áll. Az elméleti és gyakorlati eredmények összehasonlításakor több szerző is az érintkezési ellenállás fontosságára hívta fel a figyelmet, valamint az elméleti alacsonyabb hőfejlődést is ezen jelenség nem tökéletes modellezésével magyarázták [ld. Bentley, Knowlson, Baker, Greenwood (1963); Nied (1984); Cho és Cho (1989); Wei és Ho (1990); Henrysson, Abdulwahab, Josefson, Fermer (1998)].

Jelen tanulmány az ellenállásponthegesztés korai szakaszának modellezését tűzte ki célul, így a fázisátalakulással, illetve a további folyamatokkal még nem foglalkozik. Ezen folyamatok a kutatási terv további lépéseit képezik.

2. Az ellenállásponthegesztésnél lejátszódó főbb fizikai folyamatok

- Anyagtulajdonságok (hő- és elektromos) változása a hőmérséklet függvényeként:
- A mechanikai terhelés hatása,

- Az elektród geometriája,
- Az elektród belső vízűtése,
- Az elektromos áramátfolyás helye, illetve az áramsűűrség eloszlása.
- Érintkezési ellenállás a különböző felületeken, mert ezeken Joule-hő fejlődik,
- Az áramerőűség, a feszűltség és az ellenállás időbeli változása,
- Konduktív hővezetés a munkadarabokban és az elektródokban,
- Konvektív hővezetés a lemez, illetve az elektród felületéről,
- A fázisátalakulás látens hője,
- A folyadékfázisban végbemenő hővezetés.

3. A modellezés elméleti háttere

A 3.pontban felsorolt jelenségek közül jelen modell még csak négygyel (a felsorolás szerint: 1, 2, 4, 8, 9,) foglalkozik, és szétválasztja a hő- és mechanikai jelenségeket.

3.1. A hőmodell

Szilárd testekben a hagyományos csoportosítás szerint a vezetékes hőátvitel a jellemző. Ez azt jelenti, hogy a hőterjedés a molekuláris ütközések révén úgy jön létre, hogy a molekulák a kinetikus energiájuk egy részét az anyag makroszkópikus mozgása nélkül adják át egymásnak [16].

A szilárd testekben fellépő vezetékes hőátvitel (hővezetés) differenciálegyenletét a transzportfolyamatok energiaegyenletéből nyerhetjük a következő formában.

$$\rho C(T + \beta_i \frac{\partial T}{\partial x_i}) = k(\frac{\partial^2 T}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x_3^2}) - aT + f$$

ahol:

ρ :	az anyag sűűrsége,
C :	hőkapacitás,
T :	hőmérséklet (az ismeretlen),
x :	a helykoordináta,
β_i :	a hőáramlási sebesség i irányban,
k :	hővezetési tényező,
a :	abszorpciósi tényező,
f :	a deformáció során keletkező hőmennyiség.

További egyenletek:

(1) Konvektív hővezetés a környezetbe:

$$q_c = \alpha_c(T - T_c)$$

Ahol:

q_c :	hőáramsűűrség,
α_c :	felületi hőátadási tényező konvektív úton,
T_c :	kűűlső környezeti hőmérséklet, amerre a konvektív áramlás történik

(2) Hősugárzás a környezetbe:

$$q_r = \alpha_r(T^4 - T_r^4)$$

Ahol: q_r : hőáramsűrűség,
 α_r : felületi hőátadási tényező sugárzás esetén,
 T_r : külső környezeti hőmérséklet, amerre a sugárzás végbemegy.

A hővezetési differenciálegyenlet megoldásaként adódó hőmérséklet a test belsejében a helynek és az időnek folytonos, legalább kétszer differenciálható függvénye. A test felületén ennek a feltételnek nem kell teljesülnie, ott a hőmérsékletnek lehetnek folytonosság szakadásai. Ugyanígy a kezdő hőmérséklet-eloszlásnak is lehetnek a test belsejében folytonosság-szakadásai, amelyek a hővezetési folyamat következtében majd úgyis meg fognak szűnni.

A kezdőfeltétel, azaz a folyamat kezdetét jelentő $t=0$ időpontban a test belsejében uralkodó hőmérséklet-eloszlás: $T(x, y, z, 0) = T_0$.

Jelen esetben peremfeltételként a potenciálmélet harmadik peremfeltételét kell megadni, ami nem más, mint a newtoni felületi hőátadási törvénynek a vizsgált test felületén való érvényesítése:

$$k\left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_F + \alpha(T_F - T_K) = 0$$

Ahol: k : hővezetési tényező,
 α : hőátadási tényező,
 T_F : felületi hőmérséklet,
 T_K : környezeti hőmérséklet.

3.2. A mechanikai modell

A mechanikai modellben a mozgásegyenlet alábbi alakját oldjuk meg:

$$\rho \dot{v}_i = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + (1 - \beta T) \rho g_i - d \frac{\partial v_i}{\partial x_i} + f_i$$

Ahol: ρ : az anyag sűrűsége,
 v_i : sebesség az i irányban,
 σ_{ij} : feszültség mátrix,
 x : helykoordináta,
 β : expansziós tényező,
 T : hőmérséklet,
 g_i : gravitációs gyorsulás
 d : csillapítási tényező,
 f_i : térfogati erő tömegegységre vonatkoztatott fajlagos értéke.

Az alakváltozás esetén fontos megemlíteni, hogy kisebb terhelés hatására az anyag még rugalmasan viselkedik, azonban egy bizonyos határ átlépése után már képlékenyen. Ez a jellemző érték a folyási határ, így a modellezés során egy képlékenységi feltételt kell előírunk.

A fémeknél a Von-Mises képlékenységet használjuk a rugalmas-, illetve képlékeny alakváltozás szétválasztására. Az ekvivalens von Mises feszültség:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{s_{ij}s_{ij}}{2}}$$

Ahol a deviátor feszültség: $s_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_m \delta_{ij}$.

4. Modellalkotás

A modellalkotás kezdeti lépéseként válasszunk nagyon egyszerű geometriát, amit később bővíteni lehet, és a bővített lépések hatásai világosan érzékelhetők, magyarázhatók. Kezdetben az ellenállásponthegesztést bontsuk szét egy mechanikai- és egy hőmodellre, így a későbbiekben lehetőség nyílik ezen két folyamat csatolt jelenségként való vizsgálatára.

4.1. A geometria

Az ellenállásponthegesztésben résztvevő elemek által alkotott rendszer tengelyszimmetrikus volta miatt lehetőség nyílik egy egyszerűsített 2D-s modell felépítésére. Mivel elsősorban a lemezben végbemenő folyamatokra vagyunk kíváncsiak, így az elektród-lemez érintkezési felületet vonalelemként vizsgálhatjuk, és a vonalelemen olyan peremfeltételeket definiálunk, amellyel helyettesíthető az elektród. Ez egy egyszerűsítés, de ezáltal jelentős számú csomóponttól szabadultunk meg, amely a későbbiekben több előnyt is jelenthet.

Ugyanilyen vonalelemként definiálhatjuk a lemez-lemez érintkezési felületet is, amelyen később majd a hő fejlődik.

A modell xy koordináta rendszerbeni felépítését az 1. és 2. melléklet jól mutatja. A lemezek jellemző méretei ezek alapján (1. Táblázat).

1. táblázat
A lemez méretei

Jellemző	Méret
Anyagvastagság (y méret)	2 mm
X irányú mérete	27 mm

4.2. Anyagtulajdonságok

2. táblázat
Anyagjellemzők

Sűrűség	7,87 kg/m ³
Fajhő	456 J/kg/K
Hővezetési tényező	78,2 W/m/K
Rugalmassági modulusz	212 Gpa
Poisson tényező	0,291
Folyás határ	240 Mpa

A lemez anyagaként alacsony karbon-tartalmú (max: 0,17 %) csillapított alapacélt választottam, melynek a modellezés szempontjából főbb tulajdonságait a 2. táblázat foglalja össze.

4.3. Egyenletek és peremfeltételek

A folyamat leírására szolgáló egyenleteket a 3. fejezet tartalmazza, illetve a kezdeti és peremfeltételek is az ottani formában lettek megadva.

4.3.1. A mechanikai modell

A mechanikai modell felépítését és peremfeltételeit az 1. ábra szemlélteti:

1. ábra

A mechanikai peremfeltételek:

- A felső elektród által kifejtett nyomást a felső elektród-lemez érintkezési felületen egy y-irányú sebességvektorral vesszük figyelembe.
- Az alsó elektród nem mozdul el.
- A rendszer nem mozog, nyugalomban van.

Kezdeti feltételek:

- A rendszer feszültségmentes állapotban van.

A felállított modell eredménye a következő lett (2. Ábra):

2. ábra

4.3.2. A hőtani modell

A hőtani modell felépítését és a hőáramlási viszonyokat a 3. ábra szemlélteti:

3. ábra

A hőtani peremfeltételek:

- A hő az anyagban konduktív úton áramlik.
- A hővezetést a lemezek külső felületén hőátadási tényezővel vesszük figyelembe a newtoni felületi hőátadási törvény alapján (ld. 2. Melléklet).
- Az elektród hűtő hatását a terhelési felületeken állandó külső hőmérséklettel veszem figyelembe.
- A két lemez érintkezési felületén egy hőforrást definiálok, mely biztosítja a szükséges hőáramsűrűséget.

Kezdeti feltétel:

- Az anyag hőmérséklete $t = 0$ időpillanatban $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A külső környezeti hőmérséklet $t = 0$ időpillanatban $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A hűtővíz hőmérséklete állandó $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A felállított modell eredménye a következő lett (4. Ábra):

4. ábra

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] H. A. Nied: The Finite Element Modelling of the Resistance Spot Welding Process
Welding Research Supplement, 1984. Apr.
pp.: 123s-132s
- [2] Bentley, Greenwood, Knowlson, Baker: Temperature Distributions in Spot Welds
British Welding Journal, 1963. Dec.
pp.: 613-619
- [3] H. S. Cho, Y. J. Cho: A Study of the Thermal Behavior in Resistance Spot Welds
Welding Research Supplement, 1989. Jun.
pp.: 236s-244s
- [4] Wei, Ho: Axisymmetric Nugget Growth During Resistance Spot Welding
Journal of Heat Transfer, 1990. May.
pp.: 309-316
- [5] Henrysson, Abdulwahab, Josefson, Fermer: Residual Stresses in Resistance Spot Welds: Finite Element Simulations, X-Ray Measurements and Influence on Fatigue Behaviour
Fatigue Design 1998, Vol. I.
pp.: 179-190
- [6] Czibere Tibor: Vezetékes hőátvitel
Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998

Szabó Péter, doktorandusz

Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

Tel: 36-46-565-111/18-44; Fax: 36-46-363-929

E-mail: metszp@gold.uni-miskolc.hu

SZERZŐK JEGYZÉKE

A		I	
Adorján Gábor	9	Imecs Mária	168
		István Zsolt	188
B		Iványi Amália	69
dr.Bányai Tamás	105	J	
Barna Lajos	172	Jergová Karolina	129
Baross Botond	57, 29	Joó Ervin	49
Baniková Renáta	129	K	
Bodnárné Sándor Renáta	192	Kádár Tamás	93
CS		Dr.Kiss Antal	9
Dr.Cselényi József	5, 93, 113, 105	Keppler István	41
Csernáth Géza	81	Dr.Kismihály János	137
Csizmadia Béla	41	Klátyik Tamás	105
D		Klementis Ottó	29, 176
Damian Mihai	89	Králik Gyula	85
Dr.Dúl Jenő	33	Krizsán Zoltán	97
F		Kundrák János	184
Forgo Zoltán	17	L	
Fekete Tamás	25	Dr. Laib Lajos	37
Füzi János	73, 77	Lenkeyné Bíró	176
G		M	
Garamvölgyi Ernő	188	Magó László	45
Gurzó József	141, 145	Majoros Zoltán	13
GY		Magyar István	85
dr.Gyenge Csaba	89, 137	Markovics Robert	149
H		Mezei Sándor	21
Hegedüs Csaba	113	ifj.Mezei Sándor	21
Hegman Norbert	29	Mészáros Imre	53
Hojtsy Sándor	101	Mosoni Tibor	196
Horváth Ákos	176	Murvai József	192
Horváth Gábor	61	N	
		dr.Németh János	109
		Nyirő József	65

P	
Petermann Szabolcs Péter	180
Prezensky István	133
R	
Dr.Réger Mihály	85
Revnice Ildikó	89
Réti Tamás	101, 154
S	
Sátori Szabolcs	53
Sóbester András	125
Stefan Péter	1
Smid László	5
SZ	
Szabó Attila	117
Szabó Péter	201
Dr.Szabó Ottó	141, 145
Szabó Zsolt	69
Dr.Szaladnya Sándor	109
Szász András	49
Szélig Árpád	85
T	
Tatár Levente	25
Telek Péter	109
Toth Gábor	61
Toth László	61
Tóth László	176
Tudose Lucian	125
V	
Vajda Gyula	184
Varga Andrei	121
Varga László	33
Vargová Jana	129
Vásárhelyi József	168
Virág Zoltán	37
dr.Verő Balázs	85
ZS	
Zsoldos Ibolya	154
Zsók János Csaba	160