

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

*FIATAL MŰSZAKIAK
TUDOMÁNYOS
ÜLÉSSZAKA*

V.



Erdélyi Múzeum Egyesület kiadványa

Kolozsvár 2000

Tudományos Bizottság

Elnök:
Gyenge Csaba

Alpek Ferenc
Bíró Károly
Csibi Vencel
Csizmadia Béla
Danyi József
Dudás Illés
Gribovszki László
Hollanda Dénes
Horváth Mátyás
Jodál Endre
Kerekes László
Kodácsi János
Köllő Gábor
Orbán Ferenc
Pálfalvi Attila
Roósz András
Tisza Miklós

ISBN – 973-99299-4-X

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

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

Kiadó:	Erdélyi Múzeum Egyesület
Felelős kiadó:	Sipos Gábor
Szerkesztő:	Bitay Enikő
Műszaki szerkesztő:	Talpas János

Készült 110 példányban, 2000.március 24.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Stefan Péter MEGERŐSÍTŐ TANULÁSI MODSZEREK ALKALMAZÁSA INTERNET ROUTING PROBLÉMÁK MEGOLDÁSÁRA.....	1
2. Smid László, Dr.Cselényi József PORTÁLROBOTOS EGYSÉGRAKOMÁNYKÉPZÉS SZIMULÁLÁSA.....	5
3. Adorján Gábor, Dr.Kiss Antal A NAGY TELJESÍTMÉNYŰ FOGYOELEKTRODÁS VÉDŐGÁZAS IVHEGESZTÉSEKNÉL KIALAKULÓ FORGOIVES JELENSÉG MODELLEZÉSE.....	9
4. Majoros Zoltán ALUMINIUM ÉS ÖTVÖZETEINEK FORRASZTHATÓSÁGA.....	13
5. Forgo Zoltán ROBOTOK KINEMATIKAI STRUKTURÁJÁNAK SZIMULÁLÁSA A GYÁRTÁSI FOLYAMATBAN.....	17
6. Mezei Sándor, ifj.Mezei Sándor GENERATIV TECHNOLOGIA ALKALMAZÁSA TENGELYEK ÉS PERSELYEK MEGMUNKÁLÁSÁRA.....	21
7. Tatár Levente,Fekete Tamás PTS ESEMÉNYEK ELOSZTÓ-PLASZTIKUS VÉGESELEMES VIZSGÁLATA.....	25
8. Hegman Norbert, Baross Botond, Klementis Ottó ELŐHENGERELT FELTEKERCELT LEMEZ KIHÜLÉSI MODELLEZÉSE.....	29
9. Varga László, Dr.Dúl Jenő A LEMEZGRAFITOS ÖNTÖTTVAS METALLURGIAI MINŐSÉGÉNEK ES A BEOLTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA TERMIKUS ELEMZÉSEL.....	33
10. Dr. Laib Lajos, Virág Zoltán ENERGETIKAI TRANSPORT FOLYAMATOK VIZSGÁLATA ERŐGÉPEKEN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A TALAJGUMIABRONCS KAPCSOLATRA.....	37
11. Keppler István, Csizmadia Béla NÉHÁNY GONDOLAT A SZEMCSÉS ANYAGOK TERMÉSZETES BOLTOZODÁSÁNAK MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEIRŐL.....	41
12. Magó László AZ OPTIMÁLIS ERŐGÉPPARK SZERKEZETÉNEK ELVI KIALAKÍTÁSA A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉSBEN.....	45
13. Joó Ervin,Szász András NEM-IONIZÁLÓ ELEKROMÁGNESES SUGÁRZÁS SZEMÉLYSPECIFIKUS MÉRÉSE...	49
14. Mészáros Imre,Sátori Szabolcs A HŐDEFORMÁLÓ HATÁSA ÉS EGYÉBB PROBLÉMÁK A MIKRON PONTOSSÁGÚ GYÁRTÁS SORÁN.....	53

15. Baross Botond LEMEZTERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA HOSSZ ÉS KERESZTIRÁNYÚ VASTAGSÁGKÜLÖNBSÉGGEL.....	57
16. Horváth Gábor, Toth Gábor, Toth László A SZÉLGENERÁTOR OSZLOP DINAMIKAI ELEMZÉSE SZÁMITÓGÉPES ÁRAMLÁSTANI MODELLEZÉSE.....	61
17. Nyirő József MIKROFORGÁCSOLÁS ANALIZISE.....	65
18. Szabó Zsolt, Iványi Amália ANIZOTROP ANYAGOK VEKTOR HISZTEREZIS MODELLJE.....	69
19. Füzi János ANIZOTROP VEKTOR PREISACH MODELL.....	73
20. Füzi János A KLASSZIKUS PREISACH MODELL VEKTORIÁLIS ÁLTALÁNOSÍTÁSA.....	77
21. Csernát Géz ERŐSÁRAMÚ HÁLÓZAT MINT ADATÁTVITELI CSATORNA. AY X10-ES SZABVÁNY ÉS ERRE ÉPÜLŐ ALKALMAZÁSOK.....	81
22. Dr. Réger Mihály, Szélig Árpád, dr. Verő Balázs, Magyar István, Králik Gyula FOLYAMATOS ÖNTÉS ÉS TÉRFOGATVÁLTOZÁS.....	85
23. Revnic Ildikó, dr. Gyenge Csaba, Damian Mihai SZERZYÁMPÁLYA MEGHATÁROZÁSA KOMPLEX FELÜLETEK 3 TENGEYŰ NC SZERSZÁMGÉPEN VALÓ MEGMUNKÁLÁSA ÉRDEKÉBEN.....	89
24. Kádár Tamás, dr. Cselényi József KABINOS SIFELVONÓ RENDSZER PUFFEROLÁSI MODELLJEI MEGHIBÁSODÁSI JELENSÉGEK FIGYELEMBEVÉTELEVEL.....	93
25. Krizsán Zoltán EGY GEOFIZIKAI MODELLEZŐ RENDSZER ÚJRATERVEZÉSE ÉS EREDMÉNYEK MEGJELENÍTÉSE.....	97
26. Hojtsy Sándor, Réti Tamás CELLA-AUTOMATA MÓDSZERREL GENERÁLT 3-DIMENZIÓS SZEMCSÉK ALAKJÁNAK KVANTIATIV MINŐSÍTÉSE.....	101
27. Dr. Cselényi József, dr. Bányai Tamás, Klátyik Tamás ELTOLHATÓ ÁLLVÁNYOS RAKTÁR KOMISSIÓZÁSI FOLYAMATÁNAK OPTIMÁLÁSA GENETIKUS ALGORITMUS FELHASZNÁLÁSÁVAL.....	105
28. Dr. Szaladnya Sándor, dr. Németh János, Telek Péter PNEUMATIKUS ÜTŐHENGEREK MÉRETEZÉSÉNEK MATEMATIKAI ALAPJAI.....	109
29. Dr. Cselényi József, Hegedüs Csaba ULTRAHANGOS BERENDEZÉSEK ALKALMAZÁSA VÁLTOZÓ HŐMÉRSEKLETŰ PROBATESTEK VIZSGÁLATÁRA. KALIBRÁLÁSI GÖRBÉK ALKALMAZÁSA.....	113
30. Szabó Attila HENGERS CSIGAKEREKEK FOGAZÁSA.....	117

31. Varga Andrei AZ INTEGRÁLT SZÁMITÓGÉPES TERMÉKTERVEZÉSI MÓDSZER.....	121
32. Tudose Lucian, Sóbester András GENETIKAI ALGORITMUSOK ALKALMAZÁSAI A GÉPGYÁRTÁSBAN.....	125
33. Jana Vargová, Karolina Jergová, Renáta Baniková DFE-A RENDSZERES ÚJRAHASZNOSÍTÁS ESZKÖZE.....	129
34. Prezensky István A FÉMPORHENGERTÉLÉS A PORKOHÁSZAT EGYIK JELENTŐS ÁGA.....	133
35. Dr. Kismihály János, Gyenge Csaba ZE CSIGAKERÉK CSIGAMARÓJÁNAK ÚJRAÉLEZ UTÁNI PROFILMODOSULÁSÁNAK MINIMÁLIZÁLÁSA.....	137
36. Dr. Szabó Ottó, Gurzó József A MIKROFORGÁCSOLÁS ATOMI MODELLEZÉSE ÉS A FORGÁCSOLOERŐ SZÁMITÁSA.....	141
37. Dr. Szabó Ottó, Gurzó József MIKROFORGÁCSOLÁS SZIMULÁCIÓJA A DISZLOKÁCIÓK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL.....	145
38. Markovics Robert KORSZERŰ MULTIMÉDIÁS KARBANTARTÁS TÁMOGATÁS.....	149
39. Réti Tamás, Zsoldos Ibolya SEJTTRENDSZEREK KVANTITATÍV TOPOLOGIAI JELLEMZÉSE.....	154
40. Zsók János Csaba A HTS ALKALMAZÁSA A VASALAPÚ PORKOHÁSZATI ANYAGOKNÁL ÉS EZEK TULAJDONSÁGAI A C-TARTALOM FÜGGVÉNYÉBEN.....	160
41. Vásárhelyi József, Imecs Mária REKONFIGURÁLHATÓ SZABÁLYZÓ VÁLTÓÁRAMÚ MOTOROK VEKTOR SZABÁLYOZÁSÁBAN.....	168
42. Barna Lajos REGIONÁLIS SZOLGÁLTATÓ VÁLLALATOK RAKTÁROZÁSI REDSZEREINEK FEJLESZTÉSE.....	172
43. Klementis Ottó, Lenkeyné Biró Gyöngyvér, Tóth László, Horváth Ákos FERRITES ACÉLOK EJTŐSÜLYOS VIZSGÁLATÁNAK BEVEZETÉSE MAGYARORSZÁGON.....	176
44. Petermann Szabolcs Péter LOGISZTIKAI RENDSZEREK TERÜLETÉN ALKALMAZHATÓ SZIMULÁCIÓS TECHNIKÁK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA.....	180
45. Kundrák János, Vajda Gyula KEMÉNY ESZTERGÁLÁS ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA ÉLETARTAMKISÉRLETEK ALAPJÁN.....	184

46. Garamvölgyi Ernő, István Zsolt HŰTŐGÉP ÚJRAHASZNOSÍTÁS MENEDZSMENT PROBLÉMÁI GYAKORLATI TAPASZTALATOK ALAPJÁN.....	188
47. Bodnárné Sándor Renáta, Murvai József A HŰTŐGÉPEKFELDOLGOZÁS MAGYARORSZÁGI HELYZETE.....	192
48. Mosoni Tibor ELMÉLETI MÓDSZER A LEFEJTŐMARÓVAL GYÁRTOTT HOMORÚ PROFILÚ CSIGAHAJTÁSOK HORDKÉPÉNEK JAVÍTÁSÁRA.....	196
49. Szabó Péter AZ ELLENÁLLÁSPONTHEGESZTÉS VÉGESELEMES MODELLEZÉSÉNEK SAJÁTOSSÁGAI	201

ELŐSZÓ

Alig egy karnyújtásnyira a közelgő ezredfordulótól tény, hogy a modern műszaki fejlődés, valamint eredményeinek hatékony használata, lényegesen meghatározza Európa e részének és benne Erdélynek gazdasági és kulturális helyzetét, fennmaradásunk esélyeit és távlatait.

A fiatal erdélyi kutatók szakmai tevékenységének összehangolása és támogatása érdekében egy fél évtizeddel ezelőtt rendeztük meg a "Fiatal Műszakiak első Tudományos Ülesszakát". Legfőbb törekvésünk akkor az volt, hogy feltérképezzük a tudomány és a technika területén dolgozó tehetséges fiataljainkat, akik képesek ennek a szórvány magyarságnak biztosítani a műszaki-tudományos alapot a méltó ittmaradás és gazdasági-kulturális fejlődés érdekében, és ezúton visszaadni az erdélyi magyarságnak nemzeti múltját a műszaki tudományok területén.

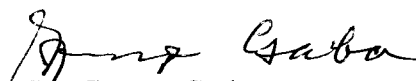
Azóta még három sikeres FMTÜ-t számolhatunk és örömmel állapíthatjuk meg, hogy évről-évre gyarapodott a jelentkezők száma, szemmel láthatóan nőtt a dolgozatok színvonala, bekapcsolódtak rendezvényünkbe a Felvidéki és a Kárpátaljai fiatal doktoranduszok. Egyre nőtt a magyarországi egyetemeken tanuló műszakiak részvétele, és ilyen módon most már a Kárpátmedence fiatal magyar műszaki kutatóinak évi találkozójaként tekinthetünk a Fiatal Műszakiak Tudományos Ülesszakára.

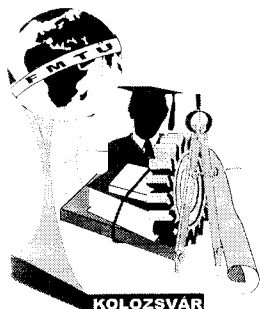
A jelen kötetben foglalt 40 tudományos dolgozat egy széles spektrumú, tág horizontú tudományos konferencia jelzésének tekinthető. Mivel majdnem valamennyi fiatal résztvevő kutatásait híres professzorok által irányított tanszékeken, illetve tudományos műhelyekben végzi, a konferenciára beküldött dolgozatok ezen tudományos műhelyek kutatási programjához illeszkednek, és megfelelő irányításban részesültek. Örvendetes számunkra, hogy ezeknek a világviszonylatban is elismert tanszékeknek az irányítói közül sokan minden évben megtisztelnék jelenlétükkel, és lényegesen hozzájárulnak a szekciókban bemutatott előadások magasszintű megvitatásához és elbírálásához. Ezáltal a fiatal előadók számára az FMTÜ-k megfelelő szakmai vitalehetőséget nyújtanak kutatásaik megmérettetéséhez. Az a tény, hogy az eddigi négy FMTÜ valamennyi szekciójában majdnem minden bejelentkezett dolgozat bemutatásra került, és nagyszámú hallgatóság is jelen volt, azt bizonyítja, hogy e tudományos rendezvény megtalálta érdeklődési körét, ezért szükséges, hasznos és folytatni kell.

A kötetbe azokat az előadásokat tudtuk bevenni, amelyek a megadott határidőre beérkeztek, és a tudományos elbíráló bizottság megfelelőnek minősítette.

Abban a reményben adjuk közre ezt a kötetet, hogy a Kárpátmedencében dolgozó mérnököknek segíteni fog a további szakmai ismerkedésben, a sokoldalú szakmai kapcsolatok elmélyítésében.

Kolozsvár 2000. március


Dr. Gyenge Csaba
a tudományos bizottság elnöke



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

MEGERŐSÍTŐ TANULÁSI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA INTERNET ROUTING PROBLÉMÁK MEGOLDÁSÁRA

Stefán Péter

Abstract

This paper outlines the fundamental concepts of Reinforcement Learning. Firstly a categorical sorting of learning methods, including RL, will be given, then a short description follows and finally some fundamental application possibilities, such as Internet Routing will be mentioned.

1. Bevezetés

A különféle tanulási módszerek napjainkra kiemelkedő jelentőségre tettek szert. Ezt a tényt igazolja, hogy megnőtt a kereslet az olyan rendszerek iránt, amelyek önálló módon képesek alkalmazkodni változó környezetükhöz, képesek annak struktúrájának, illetve paramétereinek függvényében módosítani saját belső jellemzőiket. Az előbbi, tágabb módon definiált jelenség az emberi tanulást, illetve az emberi megismerési folyamatot modellező rendszer működése.

2. Tanulási módszerek

A tanulási metódusok, külső környezettel való kapcsolat alapján történő osztályozás szerint megkülönböztetünk felügyelt, felügyelet nélküli, illetve megerősítő tanulási módszereket. A környezet, illetve a rendszer kölcsönhatása alapján a legszorosabb a felügyelt tanulás. Ennek sajátossága az, hogy a tanulás folyamán létezik a rendszernek egy olyan környezete, amely a tanulás minden pillanatában meg képes mondani a rendszer helyes viselkedését. Ezt a külső rendszert tanítónak nevezzük. A rendszer viselkedése illetve annak tanító által elvárt viselkedéséből képezhető egy hibajel, ami visszavezethető a

rendszer paramétereinek megváltoztatására. Itt a tanulás iránya kívülről befelé hat, így szokás ezt a fajta módszert instruktív tanítási módszernek is nevezni. A tanító környezet a tanítás minden lépésében utasítja a rendszert a változásra.

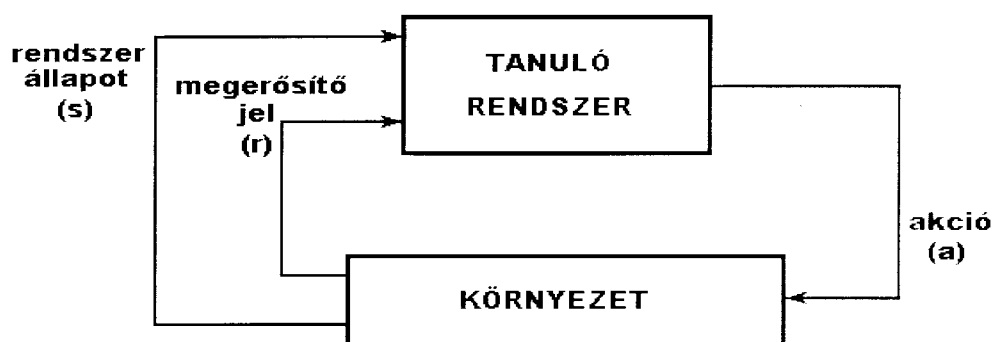
A tanulási módszerek másik véglete az önszervező megoldások, melyek esetén a tanuló rendszer nem rendelkezik olyan környezettel, amely meg tudná neki mondani a helyes megoldást. Általában valamilyen attribútum alapján csoportokba rendezi az input mintákat, és esetleges összerendelést végez a csoportjellemző, illetve a csoportba tartozó minták között. Ezek a módszerek képesek az általánosítás illetve a specializáció, mint alapvető tanulási műveletek elvégzésére, de az esetek többségében lassúak, időkorlátos feladatok elvégzésére kevésbé alkalmasak.

Egy harmadik, az előbbi kettő között elhelyezkedő módszer a megerősítő tanulás, amely megpróbálja összegezni azok előnyeit.

3. Megerősítő tanulás

A megerősítő tanulás legkönnyebben az ún. ágens-problémával definiálható. A tanuló rendszert, a kölcsönös analógiának köszönhetően, ágensnek fogjuk nevezni. Az ágens definíciója nem egyszerű dolog, meg kell elégednünk jellemzőinek körülírásával. A két legfontosabb jellemző: az önálló döntéshozatal képessége, valamint a környezetéhez való belülről jövő alkalmazkodás. Mindkét jellemzőről lesz még szó a későbbiekben.

Az ágens feladata az, hogy felderítse környezetét. Tehát, akárcsak más tanulási koncepciók esetén, itt is van egy külső környezet, ami viszont passzívabb a felügyelt tanulórendszerek környezetétől. Nagyon fontos különbség, hogy nem utasítja a rendszert attribútum-, illetve struktúraváltozásra, mindössze a rendszer környezet felé irányuló akcióira ad válaszüntakciót. Az 1. ábra illusztrálja a rendszer környezetével való viszonyát.



1. ábra: Az ágens-probléma

Az ábrán a rendszer és a környezete élesen elkülönül egymástól. A tanulási probléma definiálásánál meg kell tudnunk mondani, hogy mi az, ami a környezethez tartozik, és mi az ami a rendszerhez. Eredeti definíció szerint minden olyan jellemző a környezethez tartozik, amely a rendszer által nem módosítható. Így lehet az, hogy egy megerősítő tanulással működő robotnak csak az "agya" a tanuló rendszer, azaz az ágens: minden más szenzortechnikai, illetve mozdító elem a környezet része.

A tanulás mechanizmusa az alábbi: a rendszer rendelkezik belső állapotokkal, melyeket egy S halmaz jelöl. ($S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$) Az S halmaz függhet az időtől, az egyes lépésektől. A rendszer minden egyes s_i állapotban választhat egyet az $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ halmaz elemei közül. Az A halmaz elemeit akcióknak nevezzük. Minden egyes akció választása reakciót vált ki a környezetből. Az egyik reakció, hogy a tanuló rendszer az állapot választása után egy újabb s_j állapotba kerülhet. Ez az állapotváltozás az ábrán a környezetnek van tulajdonítva, mert áttételesen mindig az okozza azok megváltozását. (Egy egyszerű eset, amikor maga az akció közvetlenül váltja ki az állapotváltozást.)

A másik visszajelzett jel pedig az R szimbólummal jelölt skaláris megerősítő jel. Ez jelzi vissza a rendszernek, hogy az adott állapotban kiválasztott akció milyen hatást váltott ki a környezetből. A szám azt méri, hogy "mennyire tetszett" a környezetnek a rendszer viselkedése. Egy nagy pozitív szám jelölheti azt, hogy a környezet méltányolta a választott akciót, egy nagy negatív szám azt, hogy nem tetszett neki, egy nullához közeli érték pedig a környezet "közönyét" fejezi ki. Az már a rendszer saját felelőssége, hogy miként dolgozza fel ezt az információt: figyelmen kívül hagyja-e, avagy hatására valamilyen változást eszközöl saját szerkezetében, paramétereiben. A visszakapott nulla-körüli érték rendszerint nem változtatja meg a tanuló-rendszert, a nagy pozitív, illetve negatív számok rendelkeznek effektív információ-tartalommal. (R értékkészlete megállapodás kérdése. Esetünkben feltételezzük a teljes valós számintervallumot.)

4. A megerősítő tanulás kellékei

Az előbbieken bevezettük a rendszer-állapot, az akció, illetve a megerősítő jel fogalmát. Ahhoz, hogy a megerősítő tanulás megfelelően működjön a rendszernek szüksége van ún. stratégia-függvényre, állapot-érték, illetve akció érték függvényekre. A stratégiai függvény azt mutatja meg, hogy az adott állapotban melyik a legpreferáltabb akció. (Vannak olyan megoldások is, amikor a stratégia az egyes állapotok választási valószínűségét jelenti, ami hasonló funkciókkal bír.) Amikor egy rendszer következetesen minden állapotban az általa legjobbnak vélt akciót választja, azt mohó algoritmusnak nevezzük. A megerősítő tanulás egyik erénye éppen abban áll, hogy a rendszer a visszajelzett R jeltől függően változtatja meg a stratégiáját, minek következtében változhat a "legjobb akció" is. A másik fontos jellemző viszont azt teszi lehetővé, hogy egy bizonyos valószínűségi értéktől függően ne állandóan a mohó algoritmusnak engedjünk, hanem válasszunk olyan megoldásokat is, amelyek, bár rövidtávon nem

preferáltak, hosszabb távon azonban erősebb pozitív reakciót válthatnak ki a környezetből. Ezt a szakirodalom felderítés-kiaknázás közötti egyensúlyként tartja számon, mert minden egyes tanulási lépésben választhatunk két opció között: a már meglévő tudásunkat kamatoztatjuk, vagy újabb lehetőségek után nézünk. Értelemeszerű, hogy az előbb említett arányszám sem fix érték, függ a rendszer tapasztalatától is. A tanulás kezdeti szakaszán a felderítési lépések nagyobb aránya, míg a rendszer használatakor a kiaknázó lépések a jellemzők. A tudás kiaknázásának, illetve az újabb tudás megszerzésének együttes, egy működési cikluson belüli használata lehetővé teszi, az ágens sokoldalú felhasználását.

Az állapot-érték, illetve az akció-érték (pontosabban állapot-akció-érték) függvények hosszú távú becslések. A tanulórendszer feladata, hogy a környezettől visszakapott megerősítő jelet hosszú távon maximalizálja. Azonban az akció választásának pillanatában ez a jel még nem áll a rendelkezésére, mindössze annak egy várható értéke. Ezek a várható értékek az érték-függvények. Az állapot-érték függvény azt mutatja meg, hogy mennyi a várható honorárium az egyes állapotokba jutásnak, míg az akció-érték függvény arra ad becslést, hogy a kiválasztott akciót hogyan fogja a környezet értékelni. Az érték függvények nemcsak rövidtávú (egy lépéses) becslést tesznek lehetővé, hanem azt is, hogy a több lépés múlva következő nagy R értékű állapotot "előrevetítse" a jelen állapotra.

5. Lehetséges alkalmazások

Az előzőekben megalkotott modell keretei közé számos gépészeti, illetve informatikai probléma helyezhető. Az Internet routing probléma, adaptív robot vezérlés, változó környezetben történő optimum-keresés, illetve logisztikai disztribúciós feladatok megoldása mind ebbe a tárgykörbe sorolható.

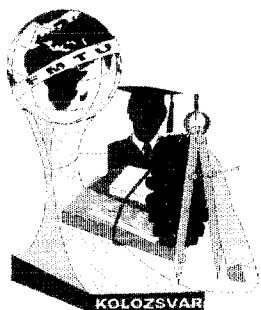
6. Felhasznált irodalom

- [1] P.STEFÁN, L.MONOSTORI, F.ERDÉLYI: Using symbolic and sub-symbolic methods for solving problems difficult to analyze, MicroCAD'99 University of Miskolc
- [2] R.SUTTON, A.BARTO: Reinforcement learning

Név: Stefán Péter

Munkahely: Miskolci Egyetem, Alkalmazott Informatika Tanszék

Telefon: +36 46 565 111 mellék: 19-52



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

PORTÁLROBOTOS EGYSÉGRAKOMÁNY- KÉPZÉS SZIMULÁLÁSA

Smid László, Dr. Cselényi József

Abstract

This essay is based on a research work dealing with the questions of loading and unloading. The model of portal robot aided loading unit building is designed and different versions are examined with computer simulation.

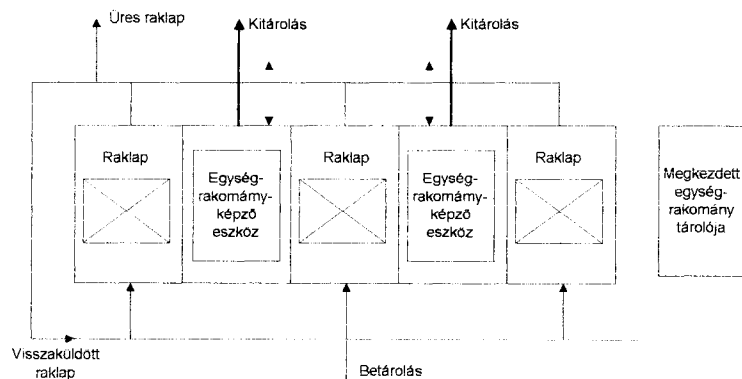
1. A RENDSZER LEÍRÁSA

Robotok használatával az egységrakományok képzése gyorsá és automatizálttá tehető. Az anyagmozgató berendezés a homogenizálendő termékeket a portálrobot munkaterébe szállítja be raklapokon, a robot elkészíti az egységrakományokat, majd egy másik pályán egy másik anyagmozgató egység elszállítja az elkészült egységrakományt. A termékeket görgőpályákon tároljuk. A pályák száma: r , ebből m pályát használunk beszállításra, azaz ennyi tárolópályára lépnek be egységrakományok vagy a homogenizálendő termékek, $r-m = n$ csatornát pedig kiszállításra foglalunk le, tehát ennyi pályát kilépő egységrakományok (ER) készítésére használunk fel, ahol is a portálrobot el fogja készíteni az egységrakományt, majd erről a pályáról kerül kiszállításra. A tárolópályákon a termékek FIFO módon vannak tárolva, tehát először az az üres raklap fogja elhagyni a pályát, amelyik legelőször megérkezett. Ha a raklapról elfogynak a termékek, akkor ez a raklap elhagyja a rendszert. Akadályoztatása esetén várakozik az előtte lévő raklapok kiszállítására. Az egységrakományképző (ERKE) pályán egyszerre csak egy egységrakományt képez a robot.

Továbbá ha az egységrakomány elkészült, akkor elszállításra kerül és a pálya üres lesz, majd várja a következő képzést. Ha az éppen készülő egységrakományhoz jelenleg nincs további termék, amellyel folytatni lehetne a képzést, akkor a robot egy másik egységrakományképző pályán kezd el tovább dolgozni.

Az első lépés a pályák meghatározása. Ekkor a következő adatokat tudjuk meghatározni: a pályák száma, pályák megosztása (m tároló-, n ER-pálya), pályák elhelyezése, ERKE elhelyezése, stratégia (homogenitásra, vagy inhomogenitásra törekszünk, van időkorlátunk stb.).

A műveletvégzés közben problémák jelentkezhetnek, mivel a rendszer egycsatornás. Valójában csak a tárolók hosszát növeltük a több csatorna beiktatásával, és mindig csak egy csatornán dolgozunk, mivel csak egy kiszolgálónk van. A folyamat során szakaszos igénybeérkezés, igénybejelentkezés (beszállítás) és folyamatos kiszolgálás van. A legfontosabb következmény a munkavégzés blokkolódásának megszüntetése. Probléma lehet, hogy lefulladás történik a be- vagy a kitárolásnál. Ez akkor léphet fel, ha a tárolópálya megtelik és a pályán lévő raklapokról a robot nem tudja elkészíteni az egységrakományokat. A blokkolódás elhárítása érdekében egy ún. visszaforgatást is bevezetünk a struktúrába (1. ábra). Eldugulás esetén a nem üres raklapot, vagy megkezdett egységrakományt kivesszük a rendszerből. A tárolópálya első raklapját visszaszállítjuk a betárolási oldalra, és úgy fog viselkedni, mint egy beérkező raklap. Az eltávolított egységrakományt pedig egy külső tárolóba tesszük, közel a portálobothoz. És ha az egységrakományképző pálya üres lesz, akkor a külső tárolóból betároljuk a megkezdett egységrakományt.



1. ábra

Egységrakomány-képzés visszaforgatással

2. AZ ELVÉGZENDŐ FELADATOK

A következő feladatokat kell tehát a robotnak elvégeznie: az egységrakományok minél hamarabb elkészítése, a torlódások elkerülése, a bemenő oldalon a várakozások elkerülése, a legkisebb munkával elvégezni az egységrakomány-képzést úgy, hogy maximális legyen a terület- és térfogat-kihasználás, és minimális legyen be- és kirakodási idő.

Célfüggvény:

$$S_x = |p_{xt} - p_{xe}|$$

$$S_y = |p_{yt} - p_{ye}|$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \Rightarrow \text{Min!} \quad (1)$$

ahol:

S_x és S_y az X és Y tengely irányában megtett út,
 $p_{xt, yt}$ és $p_{xe, ye}$ a tároló- és az ER-pálya koordinátája.

Feltételek:

Adottak az alábbi paraméterek: a termék mérete (eltérők), a rakodólap mérete (azonosítóval ellátva), robot jellemzői, érkezési idő, kiszolgálási ráta, raklapon a termékek száma, a raklapon (raklap_i) és az elkészült egységgrakományban (ER_i) a termékek száma.

A korlátok

- $t_{\text{elkészülési}} < t_{\text{érkezési}}$ (2)

ahol:

$t_{\text{elkészülési}}$ egy egységgrakomány elkészülési átlagideje,
 $t_{\text{érkezési}}$ egy raklap érkezési átlagideje,

3. A VIZSGÁLT RENDSZER

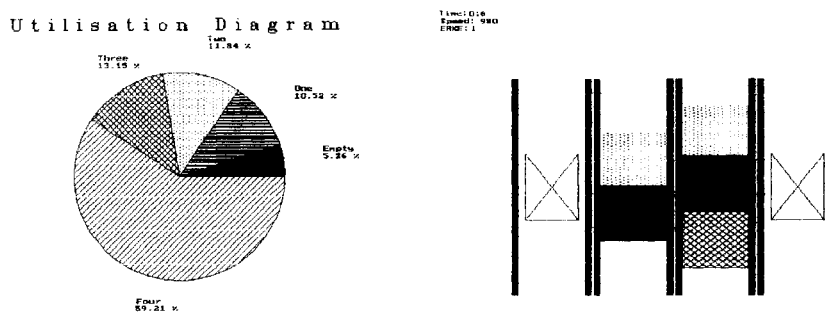
Homogén egységgrakományt készítünk, egyidejűleg többfajta termék érkezik eltérő méretben és eltérő elrendezésben. Az ERKE azonos méretű, mindegyik típust tudja fogadni. Egyidejűleg csak egy ER képzése folyik addig, amíg az ER el nem készül, vagy amíg további termékek érkeznek. A tárolópályán szabad elrendezés van, nincs előre kijelölt helyük a raklapoknak, mindegyik bármely üres helyre tehető. A beérkező homogén raklapot olyan pályára tesszük, ahol már van olyan típusú raklap, vagy a mellette lévő ER-pályán olyan típusú ER készül. Ha egyik sem teljesül, akkor üres ER-pálya mellé, vagy üres tárolópályára. Ha a robot már nem dolgozik és a pályák megteltek, akkor a blokkolódást kell megszüntetni. A másik fontos kérdés, hogy melyik pályáról dolgozzon és melyik ERKE-n. A lényeg, hogy mindig a legkisebb munkával képezzen. Legelőször a legközelebbre eső pályán kezdje el a képzést a robot, a tárolópálya legelső pozíciójáról. Ha van üres ER-pálya, és a külső tárolóban is van megkezdett ER, akkor azt kell beszállítani. A fő célunk az, hogy az üres raklap, vagy az elkészült egységgrakomány el tudja hagyni saját csatornáját.

A blokkolódás megszüntetése

Ha a rendszerünk leáll, akkor le kell kezelnünk ezt az eseményt és működőképessé kell tenni ismét a folyamatot. Az első lépés az, hogy megállapítsuk várakozik-e olyan raklap, amelyik be akar kerülni a rendszerbe. A második lépés annak a feltárása, hogy az egységgrakományképző pályán tudunk-e erről a raklapról dolgozni. Ha nem tudunk, akkor az egységgrakományt kell kivenni a rendszerből. Ha pedig tudjuk erről a raklapról folytatni a munkát, akkor a tárolópályáról vesszük ki az első pozícióban lévő raklapot és visszaforgatjuk a rendszerbe.

4. A RENDSZER SZIMULÁLÁSA

A rendszer szimulálásához C programozási nyelv segítségével elkészítettünk egy programot (2. ábra). A beérkező termékek és paletták beérkezési idejének meghatározása normális eloszlásfüggvény segítségével történik. Nincs időkorlátunk és egyidejűleg 5 különböző termék érkezik. 3 pályaelrendezést alakítottunk ki 2 ER-pályával, és mindegyiknél vizsgáltuk a munkákat és a kihasználtságokat [2]. A 2. ábrán lévő változat adta a legjobb eredményeket.



2. ábra

Képek a számítógépes szimulációról

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Számítógépes szimuláció segítségével a görgőspályáknak egy optimális elrendezése alakítható ki. Ha a lefulladás lehetősége fennáll, akkor egy megfelelő visszaforgatással a műveletek folyamatossá tehetők. Csak a paramétereket kell megváltoztatni és a folyamat működése szimulálható a számítógép segítségével, melynek révén megkaphatjuk a számunkra megfelelő beállításokat.

Ezen kutatás az OTKA F030089 projekt keretében készült.

6. A FELHASZNÁLT IRODALOM

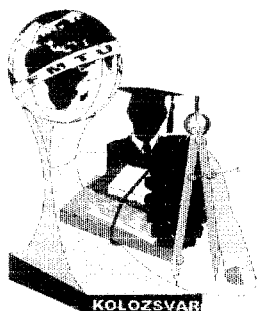
- [1] CSELÉNYI J. és szerzőtársai: **Logisztikai menedzsment**, TDQM Phare HU 9305-01/1390, Miskolc 1997., 1-121. oldal
- [2] CSELÉNYI J., SMID L.: **Comparison of Different Versions of Portal Robot Aided Homogeneous Loading Unit Building with Computer Simulation (Modelling and Optimisation of Logistic Systems**, szerk.: Cselényi J., Bányai T.), Miskolci Egyetem, Miskolc 1999., 113-121. oldal

Smid László, doktorandusz / Dr. Cselényi József, egyetemi tanár

3515 Miskolc-Egyetemváros, Miskolc Egyetem - Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

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

Tel.: (36) 46-327-079



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A NAGY TELJESÍTMÉNYŰ FOGYÓELEKTÓDÁS VÉDŐGÁZAS ÍVHEGESZTÉSEKNÉL KIALAKULÓ FORGÓÍVES JELENSÉG MODELLEZÉSE

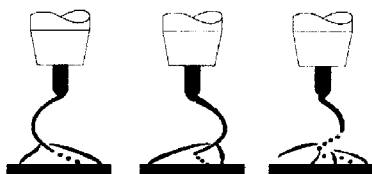
Adorján Gábor Dr. Kiss Antal

In this paper intraduce a modell which appropriate for modelling of phenomenon of rotational arc at high efficiency metal arc gas welding (T.I.M.E. process). Advance of our modell is that we can joint it into various FEM systems in very easily way .The support of our modell we can examine the main parameters of rotational arc and its influence on the weldment penetration, shape, depth, width and heat effected zone properties.

Bevezetés

A mai felfokozott minőségi és gazdasági követelményeknek nemcsak a hegesztett fémszerkezetek tervezésénél, méretezésénél, hanem annak hegesztéstechnológiai kivitelezésénél, tehát az anyag - eszköz - eljárás - hegesztő szakember komplex rendszer megválasztásánál is érvényesülnie kell. Tekintettel arra, hogy az alapanyagok egyre nagyobb hányadából készül hegesztéssel félkész vagy kész termék, s ez utóbbiak ára többszöröse a kiinduló anyagnak, ezért egyre inkább szükség van a nagy hatásfokú és nagy termelékenységű, de ugyanakkor kiváló minőséget is adó eljárások kifejlesztésére, illetve továbbfejlesztésére a hegesztés területén.

Az elmúlt 50 év során számos olyan új, korszerű, a kívánt célokra legjobban megfelelő hegesztő eljárás került kidolgozásra, melyek maximálisan kielégítették a koruknak megfelelő gazdasági, minőségi követelményeket. Ebből a szempontból a kidolgozott hegesztő eljárások közül kiemelkedő jelentőséggel bírnak az olyan nagy termelékenységű eljárások, mint a védőgázos fogyóelektóda ívhegesztés különböző eljárás változatai. Ezen eljárás változatok a minőség és termelékenység növelését vagy a technológiai lehetőségek jobb kihasználása révén vagy a hegesztéshez használt hozaganyagok, huzalok, védőgázok és berendezések célirányos fejlesztésével érték el. A félvezető technika és az elektronika széleskörű elterjedése nyomán a hegesztés villamos berendezései is jelentős fejlődésen mentek keresztül, és ezzel nagyobb lehetőséget adva nemcsak az automatizálásra, de új eljárások kidolgozására is. Erre jó példa az utóbbi években megjelent *T.I.M.E. Process* melynek forgóíves változatával 40-45 m/min huzalelőtolási sebesség mellett akár 20-22 kg/h leolvastási teljesítmény is elérhető.



1. ábra
A forgóíves anyagátmenet

1.) A hagyományos ív által keltett hőáramsűrűség mező leírása

A hegesztett kötással szembeni legfontosabb elvárások a kötés szilárdsága, a kristályosodási és hidegrepedésektől való mentesség és a ridegtöréssel szembeni biztonság. Ahhoz, hogy ezen követelményeket a varrat maradéktalanul kielégítse az adott hegesztéstechnológiát tervező szakembernek ismernie kell a fent említett folyamatokat meghatározó alapvető tényezőket – hegesztési hőfolyamat izotermáit (a maximális hőmérsékletek nagyságát és helyét), a hevítési és hűlési sebességet, - vagyis csak a hegesztési hőfolyamatok elemzése alapján, a hegesztési hőfolyamatban végbemenő változások pontos ismeretében történhet a technológiai tervezés.

Az ömlesztő hegesztő eljárásoknál a hegfürdő létrehozásához (a hozaganyag és alapanyag) megolvastatásához szükséges hőenergiát kémiai, vagy villamos energiából állítják elő. A primer energia hővé alakításának módszere, valamint a képződő hőnek a munkadarabra, illetve a hozaganyagba juttatásának módja jelentősen befolyásolja az energia hasznosításának mértékét, a hegesztő eljárás termelékenységét, a hőátvitel energiasűrűségét és ezen keresztül a varrat geometriáját, a varraton belül az alapanyag-hozaganyag részarányát.

Az ív teljes hőteljesítménye közelítőleg az elektromos teljesítményével azonos, ha a kémiai reakciók hőhatásától eltekintünk. Az ív által a tárgynak időegység alatt átadott effektív hőmennyiség (hőáram) az alábbi összefüggéssel számítható.

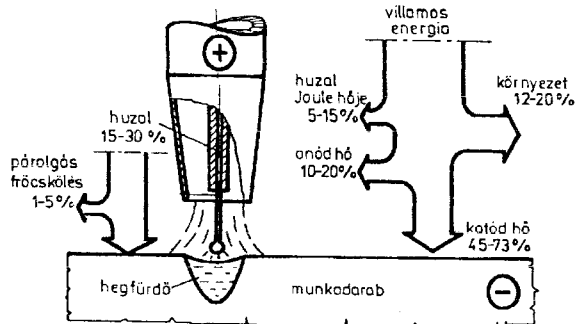
$$\Phi = \eta_i \cdot U \cdot I \quad \left[\frac{J}{s} \right] \quad (1)$$

ahol: U ívfeszültség,

I a hegesztésnél alkalmazott áramerősség,

η_i hatásfoktényező, mely az ív által termelt teljes- és a tárgyba bevezetett hőmennyiség viszonyát fejezi ki.

A hőhasznosítás elsősorban a hegesztőeljárástól, a varratgeometriától és az előmelegítés hőmérsékletétől függ.



2. ábra

A különböző hegesztőeljárások termikus hatásfoktényezői

Hegesztési eljárás	η_i
Gázhegesztés	0,15 - 0,35
Volfrámelektrodás ívhegesztés	0,42 - 0,68
Bevontelektrodás ívhegesztés	0,73 - 0,85
Fogyóelektrodás védőgázás ívheg.	0,70 - 0,87
Fedettívű hegesztés	0,9 - 0,98

1. táblázat

Fogyóelektrodás védőgázás ívhegesztés energiamérlege

A különböző hegesztőeljárások termikus (η_i) hatásfoktényezőinek értékeit a fenti táblázat tartalmazza. Általános szabály, hogy az ívhossz növekedésével az η_i csökken, míg az ív tárgyba merülésével kis mértékben nő. Tapasztalatok szerint fémelektrodával végzett hegesztéseknél az áram neme, polaritása és erőssége a hatásfoktényezőt csak jelentéktelen mértékben befolyásolja.

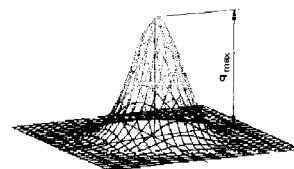
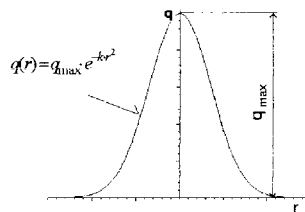
A hegesztéshez kapcsolódó hőfizikai számításoknál csupán az alkalmazott hőforrás hatását veszik figyelembe. A számításoknál eltekintenek attól a töredéknyi hőközléstől, amit a hegfürdőből kiegészítő elemek oxidációja, illetve attól a hőelvonástól, amit a hegfürdő párolgása jelent. A hőforrás által közölt hő a hegesztett tárgyban hővezetéssel távozik a hegesztett hely környezetéből. A hegesztő ív fajlagos hőmennyisége (hőáramsűrűsége q , $J/s \cdot cm^2$) az aktív foltok középpontjában a legnagyobb, mivel itt az elektron- és ion- bombázás következtében a hő közvetlenül a fémfelületen válik ki, míg az aktív folt környezetében a fém hevítése hővezetéssel és részben az ív sugárzó hőjével történik. A hegesztett felületen az ívtalpponttól távolodva a fajlagos hőmennyiség közelítőleg a Gauss-féle normál eloszlás függvényét követi az alábbi egyenlet szerint:

$$q(r) = q_{\max} \cdot e^{-kr^2} \quad (2)$$

ahol: $q(r)$ a fajlagos hőmennyiség a középpont-tól r távolságban,

q_{\max} a fajlagos hőmennyiség legnagyobb értéke az aktív folt középpontjában,

k a hőforrás koncentrátságot kifejező tényező melynek értéke $k=1 \dots 10 \text{ } 1/cm^2$



3. ábra

A hőáramsűrűségnek a hegesztett felületre számított integrálja, (vagyis a $q(r) = q_{\max} \cdot e^{-kr^2}$ függvénynek – mint meridián görbének – a függőleges tengely körüli megforgatásával nyert harang felület alatti integrálja) adja az ív hőáramát (Φ , J/s), azaz a munkadarabba az adott felületen át időegység alatt bevitt hőmennyiséget.

a.) Egy véges r_x sugarú körfelületen bevitt hőáram:

$$\Phi_{r_x} = \int_{(A)} q dA = q_{\max} \cdot \frac{\pi}{k} \cdot \left[1 - e^{-kr_x^2} \right] \quad (3)$$

b.) A teljes felületen időegység alatt bevitt összes hőmennyiség (figyelembe véve, hogy $r_x \rightarrow \infty$):

$$\Phi = \lim_{r_s \rightarrow \infty} \Phi_{r_s} = q_{\max} \cdot \frac{\pi}{k}, \quad (4)$$

2.) A forgóív által keltett hőáramsűrűség mező matematikai modellezése

Forgóíves hegesztéskor az ív részét képező és a munkadarabon létrejövő aktív folt a huzalelektroda szimmetria tengelyéből kitérve egy (az ívfeszültségtől függő) R sugarú körpályán mozog. Ekkor a munkadarabba bejutó hőáramsűrűséget az ívtalpponttal együtt-mozgó Gauss-féle harangfelület reprezentálja. Ugyanakkor – egyszerűsítésként – az adott pontban, adott időpillanatban a hőáramsűrűség eloszlást reprezentáló Gauss-görbét önmagára nézve tengelyszimmetrikusra vesszük fel és eltekintünk attól, hogy a görbe külső részén az ill. az ív felőli belső részén az egyenlőtlen hevítési és hűlési viszonyok miatt a hőmérséklet eloszlást leíró görbeszakaszok egymástól kissé eltérő alakúak.

Az O pont körül R sugarú körön ω szögsebességgel forgó harangfelület esetén, a felület egy P pontjában az adott t időpillanatban a hőáramsűrűség az alábbi módon definiálható:

Egy tetszőleges t időpillanatban fennáll, hogy:

$$r = r_u + \rho = R e_u + \rho e_\rho \quad (6)$$

ebből felírható:

$$\vec{\rho} = (\vec{r} - R \vec{e}_u) \vec{e}_\rho = \vec{\rho}(t, R, \gamma) = \rho_x \vec{i} + \rho_y \vec{j} \quad (9)$$

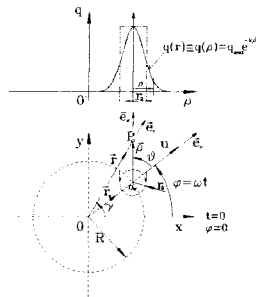
ahol

$$\rho = |\rho| = \sqrt{\rho_x^2 + \rho_y^2} \quad (10)$$

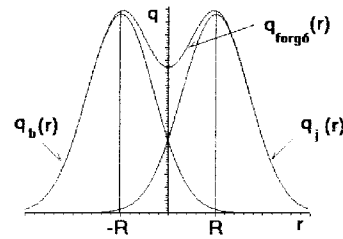
a fentiek figyelembevételével a hőáramsűrűség függvény az alábbi formát ölti:

$$q(r) = q(\rho) = q_{f, \max} \cdot e^{-k \cdot \rho^2} \quad (11)$$

ez utóbbi összefüggés segítségével meghatározhatjuk a forgóív által keltett hőáramsűrűség mezőt tetszőleges t időpillanatban az egész A_∞ felületre (4. ábra).



4. ábra



5. ábra

Ha az ív kellően nagy szögsebességgel forog körbe (egy körülfordulás alatt a hűlés mértéke elhanyagolható), akkor a körbe forgó harang felület által létrehozott hőáramsűrűség mező helyettesíthető egy olyan burkoló felülettel, amely alatti hőáram (Φ) azonos a forgó ív által - egy körbefordulás alatt - felületbe juttatott hőárammal.

A forgóívre jellemző hőáramsűrűség eloszlás burkolófelületének közelítő meghatározásánál figyelembe vesszük, hogy a valóságban az ív nagy fordulatszámmal forog (500- 700 1/s), ezért helyénvaló az a feltételezés, hogy a haranggörbének az R sugarú körön való körülhaladása által meghatározott térbeli alakzat burkoló felületével arányos felülettel helyettesítjük a forgóív hőáramsűrűségét. Ehhez a helyettesítő burkoló felület - a függőleges síkmetszetén vett - meridián görbéjének a jobb és baloldali $R, -R$ helyeken lévő Gauss-görbe $-\infty < r < +\infty$ tartományon való egyenletét határozzuk meg először, és ebből származtatjuk a térbeli burkolófelület meridián görbéjének (5. ábra) az egyenletét.

$$q_{\text{forgó}}(r) = C \cdot q_{\max} \cdot \left[e^{-k(r-R)^2} + e^{-k(r+R)^2} \right] \quad (14)$$

3.) A C konstans meghatározása

Alapelv: az (14) közelítő függvény szerint számítható hőáramból ($\Phi_{\text{forgó}}$) az ív körülforgási ideje ($t_{\text{periódus}}$) alatt a bejutó hőmennyiség megegyezik az állóívből – a (5) függvény szerint számítható hőáramból – ugyanazon idő alatt bejutó hőmennyiséggel.

$$Q_{\text{forgó}} = Q \quad (15)$$

$$\Phi_{\text{forgó}} \cdot t_{\text{per.}} = \Phi \cdot t_{\text{per.}} \quad (16)$$

$$\text{mivel } \Phi = q_{\max} \cdot \frac{\pi}{k} \text{ így } \Phi_{\text{forgó}} = q \cdot \frac{\pi}{k} \quad (17)$$

Ennek részletes kifejtéséhez felírható a helyettesítő felület hőáramára az alábbi összefüggés:

$$\Phi_{forgó} = \int_{(A)} q_{forgó}(r) dA = C \cdot q_{max} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \lim_{r_x \rightarrow \infty} \left[\int_{r=0}^{r_x} e^{-k \cdot (r-R)^2} \cdot r dr + \int_{r=0}^{r_x} e^{-k \cdot (r+R)^2} \cdot r dr \right] \quad (18)$$

A $\Psi(y) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ hibaintegrált bevezetésével és a (18) integrál részletes kifejtésével kapott eredményt

$$\Phi_{forgó} = C \cdot q_{max} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left[\frac{1}{k} \cdot e^{-k \cdot R^2} + R \cdot \sqrt{\frac{\pi}{k}} \cdot \left[2 \cdot \Psi(\sqrt{2 \cdot k} \cdot R) - 1 \right] \right] \quad (19)$$

behelyettesítve a (17)-be megkapjuk a C konstans értékét:

$$C = \frac{1}{2 \cdot k \cdot \left(\frac{1}{k} \cdot e^{-k \cdot R^2} + R \cdot \sqrt{\frac{\pi}{k}} \cdot \left[2 \cdot \Psi(\sqrt{2 \cdot k} \cdot R) - 1 \right] \right)} \quad (20)$$

A hőáramsűrűség közelítő összefüggése tehát a forgóív esetén, a (14) és (20) alapján:

$$q_{forg.}(r) = C \cdot q_{max} \cdot \left[e^{-k \cdot (r-R)^2} + e^{-k \cdot (r+R)^2} \right] = \frac{q_{max} \cdot \left[e^{-k \cdot (r-R)^2} + e^{-k \cdot (r+R)^2} \right]}{2 \cdot k \cdot \left(\frac{1}{k} \cdot e^{-k \cdot R^2} + R \cdot \sqrt{\frac{\pi}{k}} \cdot \left[2 \cdot \Psi(\sqrt{2 \cdot k} \cdot R) - 1 \right] \right)} \quad (21)$$

A hőáramsűrűség mező más szemléletű megközelítését teszi lehetővé, ha bevezetjük a forgási sugár és a hagyományos ívnél használt helyettesítő henger sugarának hányadosaként képzett $\kappa = R/r_0$ változót, és figyelembe vesszük a korábban meghatározott $k = 1/r_0^2$ összefüggést is. Ezek figyelembevételével a (20-21) egyenletek az alábbi formát öltik:

$$C = \frac{1}{2 \cdot e^{-\kappa^2} + 2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \kappa \cdot \left[2 \cdot \Psi(\sqrt{2} \cdot \kappa) - 1 \right]} \quad (22)$$

$$q_{forg.}(r) = C \cdot q_{max} \cdot \left[e^{-\left(\frac{r}{r_0} - \kappa\right)^2} + e^{-\left(\frac{r}{r_0} + \kappa\right)^2} \right] \quad (23)$$

$\Psi(\sqrt{2} \cdot \kappa)$ hibafüggvény és a C értékeit adott κ esetén a 2. táblázat tartalmazza:

$\kappa = R/r_0$	0	0.5	1	1.5	2	2.5
$\sqrt{2} \cdot \kappa$	0	0.71	1.41	2.12	2.82	3.54
$\Psi(\sqrt{2} \cdot \kappa)$	0.5	0.76	0.92	0.98	0.99	0.99
C	0.5	0.4	0.27	0.19	0.14	0.11

2. táblázat

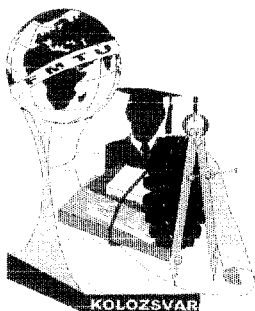
4.) Összefoglalás

Jelen tanulmányban bemutattunk egy, a fogyóelektródás forgóíves ívhegesztés hőáramsűrűség mezejének vizsgálatára alkalmas modellt, illetve a modell segítségével definiálható összefüggéseket. A bemutatott modell ezidáig az egyetlen olyan modell a hegesztés szakterületén, mely egyrészt alkalmas a nagy teljesítményű fogyóelektródás ívhegesztéseknél fellépő forgóíves jelenség modellezésére, másrészt végelelemes rendszerekbe adoptálható. A Sysweld végelelemes programrendszer segítségével végzett futtatások alapján tapasztalatunk, hogy a modell segítségével sikeresen vizsgálható a forgóíves jelenség illetve a forgóíves hegesztés különböző jellemzői, ill. paraméterei (pl.: a beolvadási zóna szélessége, mélysége, alakja, a varrat hőhatásövezetében lezajló szövetszerkezeti változások, stb).

Adorján Gábor- Dr. Kiss Antal

Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

H 3515 Miskolc-Egyetemváros, E-mail: metador@gold.uni-miskolc.hu, metkis@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Alumínium és ötvözeteinek forraszthatósága

Majoros Zoltán

Now, the preferred aluminum brazing process for demanding automotive and industrial applications is being adopted, worldwide, for its superior performance in the production of heat exchangers and a variety of other products. NOCOLOK® flux brazing is ideally suited for the large scale joining of aluminum heat-exchangers. Some alloys contain Cu and Ti for the better corrosion resistance, and Mg for added strenght and machinability. Mg is the favour alloy for aluminum, but there is a limit to the amount that can be tolerated. The flux and its residue are non-corrosive and non-hygroscopic. NOCOLOK® flux is easily applied by sparying or dipping and the flux loading easily controlled. Brazed parts are ideally suited for painting or other surface treatments if enhanced corrosion resistance is desired. Complet product designs, continous production, and a variety of alloy selections make the NOCOLOK® flux brazing process the preferred choice for automotive and other industrual applications.

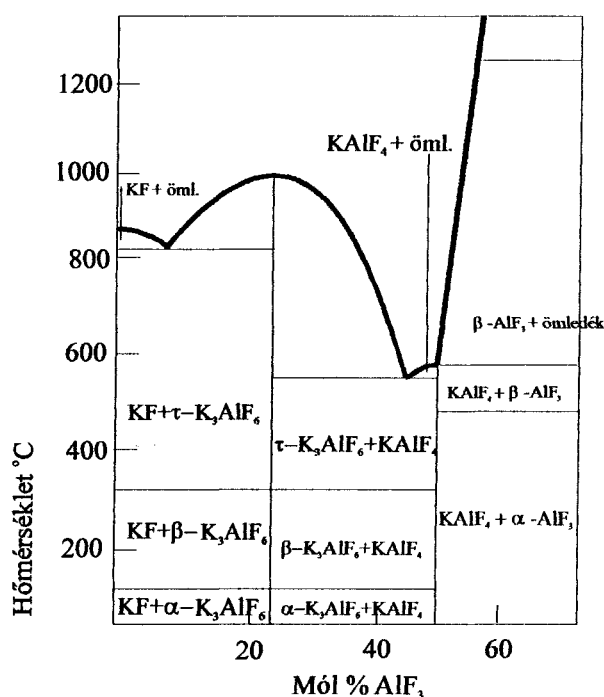
A **forrasztást** mint kötéstecnológiát a mai ipari gyakorlat még ma is alábecsüli pedig néhány kötési feladat megoldásánál ez is vagy csak ez az eljárás alkalmazható eredményesen és gazdaságosan, amint azt a nagy gépjármű gyártó vállalatok tették alumínium hőcserélők gyártásánál.

A főiskolákban és szakiskolákban, a mérnökképzésben vagy a mérnök továbbképzésben a kötési módszerek tárgyalásakor a forrasztást nem a fontosságának megfelelő jelentőséggel oktatják, nem utolsósorban azért, mert ennek a szakterületnek nincs olyan kiterjedt szakirodalma, mint például a hegesztésnek.

Magának a forrasztásnak az alapelve egyszerű, mégis a felhasznált anyagok és technológiák igen széles és színes skálát mutatnak. Valójában a legelső keményforrasztott alumínium alkatrészeket "kloridos" folyasztószerrel forrasztották, mely nedvszívó és erősen korrozív maradékot hagy a felületen, ami utókezelést igényel. Körülbelül 15 évvel ezelőtt az Alcan International Ltd. kifejlesztette a NOCOLOK® folyasztószert, mely ezen hátrányokat teljesen megszünteti, és emiatt elsődleges szerepet kapott az alumínium hőcserélők - mint például radiátorok, olajhűtők, kondenzátorok, légkondicionáló rendszerek stb. - tömeggyártásánál.

A **NOCOLOK** folyasztószer egy finom fehér por, KF és AlF_3 eutektikus keveréke (általában $\text{K}_{1-3}\text{AlF}_{4-6}$), mely nem-korrozív, nem-nedvszívó, nem lép reakcióba az alumíniummal sem szoba, sem forrasztási hőmérsékleten, csak olvadt állapotban aktív. Az olvadt folyasztószer feloldja az alumínium felületén megtapadt oxidréteget, megakadályozza a további oxidációt a teljes forrasztási folyamat alatt és elősegíti a forrasztanyag folyását. A KF- AlF_3 fázisdiagram egy kinagyított részén (1.ábra.) látható, hogy a KAlF_4 - K_3AlF_6 eutektikus vegyület olvadáspontja 562°C . Ha a folyasztószer eltér az eutektikus vegyülettől, vagy más elemeket is tartalmaz, mint például SiO_2 , NaF és CaF_2 , az olvadáspont $\pm 5\text{-}10^\circ\text{C}$ -al eltérhet. Az olvadáspont tartománya ennek megfelelően $562\text{-}575^\circ\text{C}$ [1][4].

A folyasztószer kémiai összetétele: K: 28-30 % ; F: 49-51 % ; Al: 16-18 % ; Ca: < 0,2 % ; Na: < 0,5 % ; Fe: < 0,03 % ; SiO_2 : < 0,5 % [1].



1. ábra. KF- AlF_3 fázisdiagram [4]

A **forrasztási folyamat** első lépéseként a forrasztásra előkészített alkatrészek egy tisztítási folyamaton mennek keresztül, ahol eltávolítjuk az alakításnál használt kenőanyagokat és maradék szennyeződések. A NOCOLOK folyasztószer vizes oldatát (koncentráció 5-25 %) permetezéssel vagy merítéssel vihetjük fel a munkadarabra, majd levegővel "lefűjjük" a minél egyenletesebb felület elérése céljából. A folyasztószer vizes oldatát maximum 200°C hőmérsékletű levegővel szárítjuk meg. A magasabb hőmérsékletű szárítás hatására olyan oxidok képződhetnek, melyeket sokkal nehezebb eltávolítani. A cél egyszerűen a víz eltávolítása, hogy a komponensek teljesen mentesek legyenek az adszorbeált víztől, melynek elsősorban kemenceforrasztásnál van jelentősége. A forrasztási folyamat

ezen lépései minden forrasztási eljárásnál megegyeznek, a különbözőség a továbbiakban a hevítés módjából, idejéből és az alkalmazott védőgázból adódik [5]. Az alumínium alkatrészek NOCOLOK-kal történő forrasztása kemence-, láng-, valamint indukciós eljárással is elvégezhető, mely folyamatok nagy termelékenységek, bár jelenleg a kemenceforrasztás terjedt el komplex gyártmányok (pl. hőcserélők) gyártására.

A folyasztószer és a forrasztás utáni maradéka nem-nedvszívó, nem-korrozív, valamint a kialakult kötés fémes kötés. Technológiailag helyesen elvégzett kemenceforrasztásnál a folyasztószer maradéka szabad szemmel alig látható réteget képez, vastagsága 1-2 μm , összetétele $\text{K}_3\text{AlF}_6 + \text{KAlF}_4$, valamint ezen maradék növeli a forrasztott anyag korrózióállóságát és a forrasztási folyamat után azonnal felületkezelhető [2].

Alapanyagként hőcserélők gyártásánál az AA3003, AA3005, AA1100, AA1145, AA6063, AA6951 ötvözeteket alkalmazzák. A Nocolorok[®] eljárást kemenceforrasztásnál eredményesen alkalmazzák, ahol a **magnézium** tartalom nem több mint 0,5 %, valamint lángforrasztásnál nem több mint 1 %. A magnézium, mint ötvözőelem hatással van a Nocolorok[®] folyasztószerre a következők szerint [3]:

- a magnézium reakcióba lép a felületi oxidréteggel, melynél MgO alakul ki, aminek korlátozott oldódása van a Nocolorok[®] folyasztószerben.
- A magnézium és/vagy a MgO reakcióba lép a folyasztószerrel, melynél MgF_2 alakult ki, mely a folyasztószer olvadáspontjának emelkedését eredményezi. Látszatra úgy tűnik mintha a folyékony folyasztószer „kiszáradna”.
- A magnézium bediffundál az ötvözet felületébe a forrasztás alatt és reakcióba lép a folyasztószerrel, ezáltal megváltoztatja az összetételét és hatásosságát.

Magas hőmérsékleten az alumíniumon és azok ötvözetein kettős réteg alakul ki, mely amorf és kristály oxidokat is tartalmaz. Az alumínium-magnézium ötvözet egyszerű vagy spinell oxidokat képezhet, mint MgO és a MgAl_2O_4 .

Magas hőmérsékleten a $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ „amorf” film átbecsájtja az oxigén ionokat, melyek bejutnak az oxid/fém határfelületére [6]. A hőmérséklet növelésével elindul egy gerjesztő periódus (450 °C felett) és új kristályoxidok nőnek. Ezen oxidok áthatolnak a fémen és oldalirányba nőnek addig, amíg a nyomásnövekedés megfékezi az ötvözetben. Az Al-Mg ötvözetnél ha az „elsődleges” MgO kialakul, behatol mind a fémben mind a borított amorf rétegbe, hogy összetörje, és kialakítson egy rövid diffúziós járatot, mely növeli az „elsődleges” oxid kialakulását.

Kemenceforrasztásnál az AlMg alapfém esetén a bevonat jobb eredményt ad, mint a bevonat nélküli. Úgy tűnik, hogy a bevonat lelassítja a magnézium diffúzióját a folyasztószer/oxid határfelületére és ezért csökkenti az ellentétes hatást a folyasztószer reakciójában.

Magasabb magnézium tartalmú alumínium ötvözetek láng- vagy indukciós forrasztással készíthetők. Úgy tűnik, hogy a gyorsabb hevítés nem engedi a magnéziumot diffundálni, így nem tudja jelentősen csökkenteni a folyasztószer hatását.

A magnézium tartalmú alumíniumötvözetek forraszthatósága növelhető:

- több folyasztószer használatával,
- a forrasztási idő csökkentésével,
- a bevonat vastagságának növelésével a forraszlemezen,
- az egyik összekötendő ötvözetben a magnézium tartalom csökkentésével,
- megfelelő rés- és kötéstervezéssel.

1% **cink** hozzáadásával csekély hatás érződik a forraszthatóságon. Ezen a határon túl csökken a folyékonyág és a forraszthatóság hasonlóan a magnéziumhoz. Jelentős szerepet kap a korrózióállóság növelésében. A cink tartalmú ötvözetek helyett cink bevonat is alkalmas, de ugyanez a hatás érhető el, ha cink tartalmú folyasztószert használunk.

A **szilícium** a fő ötvözőelem a forrasztóötvözetekben, mivel csökkenti az ötvözet olvadáspontját és elősegíti híg folyósságát [6].

Összefoglalás

Látható, hogy a NOCOLOK forrasztás nem bonyolult technológia és kitűnően alkalmazható alumínium és ötvözeiteinek forrasztására, bár a mai napig nem megoldott probléma a nagyobb magnézium alumíniumötvözetek forrasztása ami bizony jelentős szerepet kapna az ipari gyakorlatban.

Felhasznált Irodalom

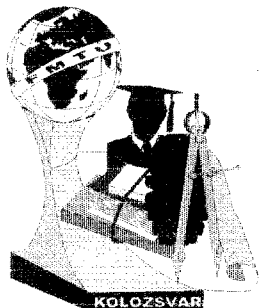
1. Jhonny Lin: Nocolok Flux and Aluminum Brazing. SAE Inc.Detroit. 1996.pp. 1-4.
2. David J. Field; Nigel I.Steward. Mechanistic Aspects of the NOCOLOK Flux Brazing Process. SAE Technical Paper Series 870186.Detroit.1987. pp.1-4.
3. NOCOLOK® Flux Brazing Technology (Manual). Solvay Fluor Und Derivate GmbH. Hannover. 1997. pp.10-55.
4. NOCOLOK® Flux. Solvay Fluor Und Derivate GmbH.Hannover. 1997. pp. 1-4.
- 5.The NOCOLOK® Flux Brazing Process. Solvay Fluor Und Derivate GmbH. Hannover. 1995.pp1-14
6. Alumínium és ötvözeiteinek forraszthatósága, keményforrasztott kötések vizsgálata. Majoros Zoltán, szakmérnöki diplomamunka. 2000, Miskolc

A NOCOLOK® az Alcan International Ltd. védjegye.

Majoros Zoltán okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, Európai hegesztőmérnök, doktorandusz

Miskolci Egyetem, H-3515 Miskolc - Egyetemváros

Tel: 00-36-30-9455-819, Fax: 00-36-46-346-843, E-mail: majoros@kugli.met.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Robotok kinematikai strukturájának szimulálása a gyártási folyamatban

Forgó Zoltán

The economic situation our times demands the introduction of the flexible cell concept and its implementation. An important role in this concept has the diminution of the part transportation and ~ handling time. A good solution to optimise the process is to simulate. This paper has the goal to present a program, with which it is possible to simulate the part handling operation by a robot or manipulator with open kinematic chain (max. 6 d.o.f). The program is made from some functions written in AutoLISP and C++, and they can be used in the AutoCAD system environment. With the help of this CAD system we can draw the 3D model of the manipulator and flexible cell. Writing the configuration file for the manipulator (number, type of joints, etc.) and defining the movement path for the end effector of the manipulator (or of the product which is handled) by some points, the program generates the whole path by interpolations, and calculates the displacements in the manipulator joints. The collisions during the simulation are indicated too. This values are transferred as input data for the MEcROb program. (This program provides a detailed numerical analysis concerning the geometry, kinematics and nominal dynamics of mechanical structures, and the algorithm is developed by Prof. Dr. Ing. Iuliu Negrean - Technical University of Cluj-Napoca.) From this program we can get the power consumption of the manipulator for the simulated task. By redesigning the spatial arrangement of the manufacturing machines and by new simulations we can choose the optimal cell setup due to the energy consumption and task time.

A mai gazdasági helyzet szükségesé teszi, ahol csak lehet, a rugalmas gyártási rendszerek bevezetését. A gyártási folyamatban egy munkadarab gyártásához szükséges idő csak nehezen, újabb technológia bevezetésével csökkenthető, és az előfordulható várakozási idő is valószínű, hogy csak újabb felszereléssel redukálható. Ezért mondhatni, hogy a fent említett rendszerekben nagy szerepet játszanak a megmunkáló gépek mellett a munkadarab-továbbító berendezések optimális alkalmazásai. Ezek sokfélék lehetnek, és milyenségük sokban függ a megmunkáló gépek, raktárak térbeli helyzetétől. Mivel a rugalmas rendszerek tervezése, vizsgálata és kivitelezése igen összetett feladat, nagy segítséget nyújt e rendszerek kisebb egységekre való felosztása, melyek működését jobban átláthatjuk és megérthetjük.

Egy ilyen egységnek (a munkadarab útját illetően) több bemenete és egy kimenete lehet. Ezenkívül ennek belsejében több megmunkáló gép és munkadarab-továbbító berendezés (egyik géptől a másikig az egységen belül) található. A gépek közötti távolságokat pedig úgy kell beállítani, hogy ezeket a munkadarabok a lehető legrövidebb idő- és a lehető legkisebb energia-befektetéssel tegyék meg. Így a fent említett okok miatt nagyon oda kell figyelni ez egységek belső, térbeli elrendezésére.

A munkadarab-továbbító berendezések közül a „legrugalmasabbak” a robotok. Ezeknek változatossága nagyon megnehezíti a tervező döntését a munkadarab mozgását illetően. Mivel nagy veszteségekkel járma a robotok próbálgatása a tényleges gyártás közben, segítséget nyújtanak a különböző szimuláló programok. Egy ilyen programot szeretnék én is bemutatni. Ennek segítségével könnyen össze lehet majd hasonlítani különböző variánsok, felállítások kiértékelését, és kiválasztani a folyamatnak legmegfelelőbbet. A szimulálás az AutoCAD rendszer keretein belül futtatható, így tulajdonképpen nem is egy összefüggő programról van szó, hanem egy utasításcsomagról. A rendelkezésemre álló CAD rendszerek közül azért választottam az AutoCAD-et, mert ez a jelenleg legelterjedtebb Európa szerte, és e rendszer nyújtotta lehetőségeivel élve (az AutoLISP programozási nyelv segítségével) kibővíthető a parancsszó-készlete, hozzáigazítva így az AutoCAD környezetet kérélmekhez/ követelményeinkhez.

Egy szimulálást szakaszaira bonthatunk fel: a szimulált rendszer létrehozása, a bemenő adatok megfogalmazása, a szimulálás végrehajtása és végül az adatok leolvasása, ill. kiértékelése. A mi esetünkben az AutoCAD megkönnyíti a rendszer létrehozását. A *makelayer* utasítással kezdjük, amivel létrehozuk a robot karjait, ill. az ezekhez tartozó koordináta rendszereket, tartalmazó fóliákat: „arm1”, ..., „arm6”, „sys1”, ..., „sys6”. Ezekhez különböző színeket rendelünk az utasításon belül, hogy majd a robot karjait a képernyőn könnyebben megkülönböztethessük. A következő lépés, hogy az AutoCAD három dimenziós testeket létrehozó utasításait használva, megrajzoljuk a robotot (tetszés szerinti részletességgel), vigyázva arra, hogy minden kar, a részletekkel együtt, a megfelelő fóliára kerüljön. A következő lépés a karok koordináta-rendszereinek a meghatározása, és a saját fóliára való berajzolása. Mivel minden elmozdulás a Z tengely mentén vagy körül történik, nagyon fontos, hogy ez a tengely megfelelő irányba mutasson. Az n -edik rendszer Z tengelyének tekintendő az első vonal a „sys n ” nevű fólián, irányát pedig a vonal végleteinek a megadása határozza meg. A *robdata* utasítással létrehozunk egy állományt, amely tartalmazza a robot csuklóinak a típusát (r - forgás, t - transláció, 0 - ha a csukló nem létezik) és ezek határértékeit. A környező gépeket, berendezéseket és munkadarabot pedig külön-külön állományba rajzoljuk.

Az egész rendszert az *insm* és *insp* utasításokkal tudjuk összeállítani, az előbbivel munkagépet tudunk beszúrni a robot mellé, az utóbbival pedig munkadarabot. Mindezeket az állománynevekkel

tudjuk azonosítani. E két utasításnak a párja: *delm* és *delp*, melyekkel gépe(ke)t, ill. munkadarabok(at) lehet eltávolítani. A szimuláció elindításához már csak a robot pályáját kell meghatároznunk. Ez a *robpath* utasítással történik. Különböző pontokat kell megadni a térben, melyeket majd a robotnak mozgása során érintenie kell. Ezen az utasításon belül választhatunk, hogy milyen interpolációval kívánjuk összekötni a pontokat. Ugyanitt kell megadni a pontokban levő korlátozásokat is: a sebesség és gyorsulás nagyságát.

A szimulálás a *simulate* paranccsal indítható. Ekkor a program kiszámítja a fent kiválasztott interpoláció segítségével a megadott pontok közötti pontok koordinátáit és az ezekhez tartozó sebességeket, ill. gyorsulásokat. Ezekből a pontokból kiindulva visszavezethetők a robot karjainak elmozdulásai. Ez az elmozdulás a képernyőn is figyelemmel kísérhető. Ezen belül ugyancsak meghatározhatók a csuklók elmozdulásai. Ezek az értékek bemenő adatát képezik a MEcROb nevű programnak. A program algoritmusát a Kolozsvári Műszaki Egyetem, a Gépészmérnöki Karon, a Mechanika és Programozás Tanszéken lett kidolgozva Prof. Dr. Ing. Iuliu NEGREAN által [2]. Ez a program egy n szabadságfokú robot mértani, kinematikai és dinamikai modellezését teszi lehetővé, analitikus és numerikus módon. E program segítségével meghatározható a robot motrainak teljesítménye, fogyasztása az elmozdulás következtében. Ezek az értékek egy eredmény-állományban lesznek megjelenítve. Egy másik funkció, ami biztosabbá teszi a robot használatát az általunk megadott úton, az, hogy ellenőrizni tudjuk, hogy a robot karja nem ütközik-e a környezetében lévő (ábrázolt) tárgyakkal. Ugyanez leellenőrizhető akkor is, amikor a robot „megfogta” a munkadarabot, és úgy követi az általunk meghatározott utat. A munkadarabot a robot a *takep* utasítással ragadja meg, és a *leavep*-al engedi el. Mindkét esetben (munkadarabbal vagy munkadarab nélkül), ha ütközésre kerül a sor, akkor a szimulálás leáll. Az egész szimulálás megismételhető a megmunkáló gépek átrendezésével. Ebben a következő utasítások segítenek:

- *movem, rotm* - mozgatja, ill. forgatja a függőleges tengely körül a kiválasztott munkagépet;
- *movep, rotp* - mozgatja, ill. forgatja a függőleges tengely körül a kiválasztott munka-darabot.

Több felállásban elvégezve a szimulálást, az eredményeket össze lehet hasonlítani, és ki lehet választani közülük a legjobb megoldást, azt, amely az energia fogyasztást és a művelet időigényét legjobban lecsökkenti. Így a gyártási idő jóval rövidebb lesz, és egy gazdaságosabb folyamatot hozhatunk létre.

Az utasítások programjai, általánosságukat tekintve, bármilyen struktúrájú robot és tetszőleges számú megmunkáló gép modellezését lehetővé teszik. Ez az utasítás-csomag igény szerint bővíthető, és így megvalósítható az, hogy a gyártási folyamatot más vetületből is vizsgálva, pontosabb eredményhez juthassunk.

Könyvészet:

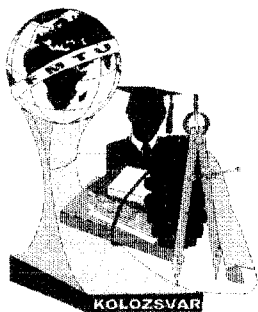
- [1] Ph. J. McKerrow: **Introduction to Robotics**, Addison-Wesley Publishers Ltd., 1998.
- [2] I. Negrean, I. Vușcan, N. Haiduc: **ROBOTICS - Kinematics and Dynamic Modelling**, E.D.P., București, 1998.
- [3] G. Omura, B. R. Callori: **AutoCAD 14 - Ghid de Referință**, Editura ALL EDUCATIONAL, București, 1999.
- [4] D. Manolea: **Programare în AutoLISP sub AutoCAD**, Editura Albastră, Cluj, 1996

Forgó Zoltán egyetemi hallgató

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar

Cím: Parâng 37/70, Kolozsvár, 3400

Telefon: 065-214918



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

GENERATIV TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA TENGELEK ÉS PERSELEK MEGMUNKÁLÁSÁRA

Mezei Sándor

ifj. Mezei Sándor

SUMMARY

The generative applied technology at axles and sleeves working solves the problem of the automatic design of the technological documentation's under the conditions of a very varied production process produced in small or middle series.

It is based on the documentation of the worked engine part in elementary surfaces and for each surface is associated a tool, a working/rout and a cutting regime established before.

By the help of PROFORM programme the technologist introduces in the computer the geometrical and technological data of the detail, which well display the design of the engine part and the succession of the working stages.

The computer on the base of same well-defined conventions gives this succession or it may be suggested by the technologist during the time of data introduction or may be altered later.

1. Bevezetés

Sajátosságaik alapján a tengelyek és perselyek a kis- és középmeretű forgástestek kategóriájába tartoznak és a gépgyártó iparban megmunkált alkatrészek 75-85 %-át teszik ki. Jellegzetes felületeik a külső- és belső hengerpalást, körkúp, hornyok és szimmetria tengelyre merőleges síkfelületek, valamint csavarfelületek, alakosfelületek, melyek elkészítésére különböző típusú esztergákat használunk. Másodrendű felületeiket, melyeknek részaránya alacsony, mint például síkfelületek és hornyok, hosszanti- és keresztfuratok, magas pontosságú és minőségű felületek, stb. megmunkálására maró-, gyalu-, véső-, köszörülő- vagy más típusú célgépeket használunk, melyek létezése szükségszerű, de kihasználási fokuk alacsony szintű és csak nagy volumenű és változatos termelés esetén biztosított, vagy más típusú alkatrészekkel párosítva valósítható meg.

A tengelyszerű alkatrészekre a külső felületek jellemzőek, melyek közül többnek pontossága és minősége az általánosnál magasabb és alak- valamint helyzetpontossági követelményeknek is eleget kell tegernek. A hosszmeretük jóval nagyobb a keresztmeretekhez viszonyítva, ezért megmunkáláskor nem lehet elhanyagolni a forgácsolási erők okozta alakváltozásokat. A perselyekre jellemző a külső és belső koaxiális felületek biztosítása.


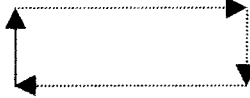

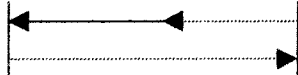

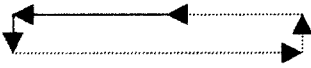

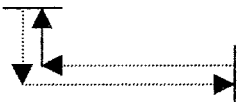



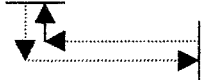



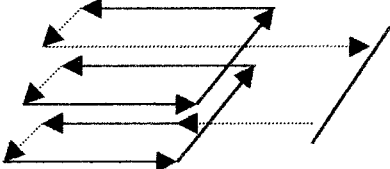

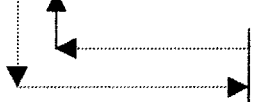

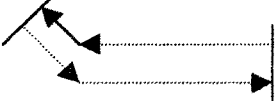
Ugyanakkor, számon kell tartanunk azt a jelenséget is, hogy a termelés tömegszerűsége egyértelműen a kis- és közepes sorozatok irányába fejlődik (70-80 %), ami a legyártott alkatrészek nagy változatosságát jelenti és azt az igényt, hogy az adott műszaki felszerelés és a rendelkezésre álló szakemberek gyorsan alkalmazkodni tudjanak a megváltozott körülményekhez.

A rugalmas gyártórendszerek, melyek hivatottak megfelelni a fenti követelményeknek, intelligens, bizonyos automatikus működésre képes, több szerszámmal rendelkező és könnyen programálható szerszámgepek, kiegészítve anyag- és információt közvetítő segédrendszerekkel. A gyártási határidők biztosítása, valamint az állandó változások miatt, újra együtt találjuk a termelés előkészítésére szükséges technológiai tervezést (szerszámok, készülékek, sorrend- és művelettervek, stb.) és a gyártás programozását és irányítását, a minőség-, termelékenység- és hatékonyság biztosítását megvalósító tevékenységek.

Nagyobb részét a felsorolt tevékenységeknek elvégzi a különböző szinten alkalmazott számítógép, melynek képességei rég túllépték az emberekéit, ami a pontosságot, sebességet, ismételhetőséget, fáraszthatóságot, stb. jelenti, ha megfelelő működési programmal és adat- és tudásbázissal rendelkezik. Közismertek a rugalmasságot segítő variáns-, generatív-, félgeneratív módszerek, valamint a szakértői rendszerek, melyeknek segítségével főleg a technológiai dokumentációnak a tervezését valósíthatjuk meg a gyorsan változó körülményekhez,

manuálisan vagy automatikusan. A variáns módszert egy jól meghatározott alkatrész csoport esetében alkalmazzuk és azonos, vagy hasonló eseteket keres, melyekhez mellékelt technológiát adaptálni kell. A technológiai dokumentáció automatizált tervezése könnyebben megoldható generatív módszerrel, mely bármely alkatrész esetében képes sorrendtervet, művelettervet, esetleg műveletelem tervet készíteni.

1. Táblázat (részlet)

Sor Szám	Felületelem	Rajz	Szer-szám Gép	Szer-szám	Szerszám-pálya	Forgá-csolási adatok
1	Homlok felület		E	S ₁		t= s= n=
2	Nyitott külső palást		E	S ₂		t= s= n=
3	Hosszú-félzárt külső palást		E	S ₃		t= s= n=
4	Rövid-félzárt külső palást		E	S ₄		t= s= n=
5	Hosszú-zárt külső palást		E	S ₅		t= s= n=
6	Rövid-zárt külső palást		E	S ₆		t= s= n=
7	Egyszerű külső horny		E	S ₇		t= s= n=
8	Külső menethorny		E	S ₈		t= s= n=
9	Külső A típusú horny		E	S ₉		t= s= n=
10	Külső B típusú horny		E	S ₁₀		t= s= n=

2. A generatív technológia

alapelve, hogy egy adott alkatrész felületét legelemibb felületekre bontja. Ezek a felületek geometriailag és technológiailag egyértelműen meghatározott felületek kell legyenek. Továbbá, csak a felület elemek sorrendisége jelent problémát a műveletelemek megtervezésében. A generatív technológia alkalmazásával többen is foglalkoztak (itt csak a közismert GLEDA és GTIPROG programokat említem).

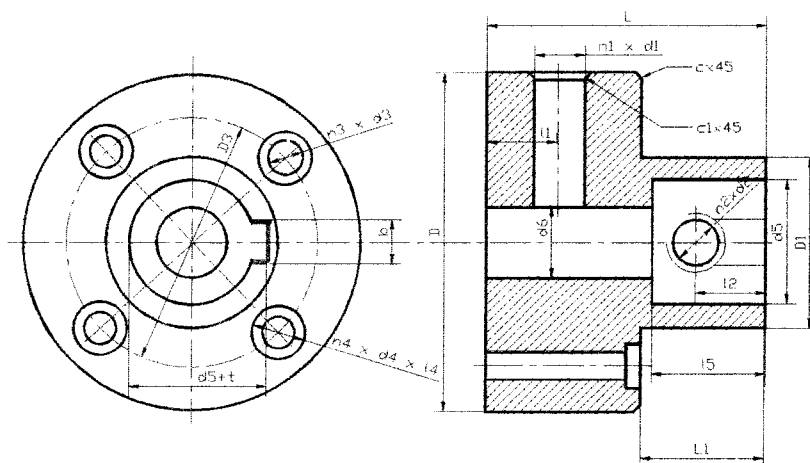
Szűkebb alkalmazását a generatív technológiának a tengelyek és perselyek megmunkálására terveztem. Ezek a gyakran gyártott alkatrészek, egyszerűségük révén áttekinthetővé tették a módszert és a számítógépes programokat, a felhasznált adat-, valamint tudásbázisokat. Az alkatrészek felületét főfelületekre (külső valamint belső felületekre) bontottam és ezeket elemi felületekre, melyeket esztergapadon elvégezhető vagy más eljárással gyártott felületekre tagoltam. Így például a homlokfelület lehet sík, rajta hornyokkal, furatokkal, stb., a palást lehet többszörösen hengeres vagy kúpos, mindeniknél számontartva a csatlakoztatási görbéket, az esztergált hornyokat, csavarfelületeket vagy alakos megmunkálásokat, de ugyanakkor a mart-, gyalult-, vésett-, üregelt-, fűrt-, hőkezelt-, csiszolt-, simított- vagy kezelt felületeket. Minden felület megmunkálására megfelelő szerszámgépet, szerszámot, szerszám pályát és forgácsolási adatokat mellékeltem. (1. Táblázat)

A PROFORM program segítségével rögzítem az adott alkatrész geometriai és technológiai adatait, majd a tudásbázisban tárolt és minden elemi felülethez rendelt szerszám, szerszám, szerszám pályája és forgácsolási adatokkal a műveletelem tervét készítem el. A megmunkálás sorrendjét az alkatrész adatainak rögzítésekor a technológus irányítja vagy a programba rögzített sorrendiségi elvek szerint a számítógép végzi el. Ezek közül megemlítem:

- a megmunkálás sorrendje : előkészítés, nagyolás, felsimítás, simítás, hőkezelés, tisztítás, csiszolás, felületkezelés
- először a technológiai bázisokat készítjük el
- egy befogásból minél több felületet készítsünk
- a rúd alakú előgyártmány esetén, ha szükséges akkor daraboljunk
- az öntött, sajtol, hegesztett, nagy keménységű, stb. előgyártmányok esetén a megmunkálás előtt hőkezeljünk
- menetelés, fogazás előtt készítsük el a felületeket
- köszörülés előtt hőkezeljünk
- esztergált felületeket előbb készítjük el a nemesztergált felületekkel szemben, stb.

Az alkatrész komplexitása határozza meg a műveletelemek számát. A döntést, hogy hány műveletből készítjük a darabot a technológusra bizzuk, de a számítógép is elvégezheti. Itt alkalmazhatjuk a műveletek koncentrálására vagy differenciálására vonatkozó ismereteket, kiindulva a rendelkezésünkre álló műszaki és személyi adatokból, az igényelt darabszámból és határidőből, biztosítva a termelés hatékonyságát.

3. Példa



1. Ábra Komplex alkatrész

Az 1 ábrán bemutatott komplex alkatrész esetében megfigyelhetjük hogyan kerül beírásra egy bizonyos alkatrész geometriai és technológiai adatai:

- az előgyártmány anyaga : OLC45
- az előgyártmány hengerelt acél
- homlok felület sík felület, átmérője D, minden féle más felületelem nélkül
- külső felülete két hengerpalást :
 - Az első D x L nagyolt felület, melyen a fűrőgépen készített n1 x d1 sarkolt furatok vannak
 - A második D1 x L1 nagyolt és simított felület, melyen a fűrőgépen készített n2 x d2 sarkolt és menetelt furatok vannak
 - Kapcsolatuk egy c x 45° éltöréssel történik
- Belső felülete egy d6 átmérőjű csiszolt átmenő furatból és egy esztergált d5 x l5 sülylesztésből áll, melyen egy b szélességű vésett horny van
- A darab külső homlok felületén fűrőgépen készíthető n3 x d3 átmenő furatok vannak, melyeket n4 x d4-el sülylesztjük.
- A darab hőkezelése : nemesítés
- A darab teljes egészében barnítással védett.

A PROFORM-ba begépett irányított adatok generálják a szükséges megmunkálási műveletelemeket, a dőlt betűs írással a nem esztergán készült műveleteket jelöltem :

- a hőkezelés : *nemesítés* és ugyan akkor kiválasztjuk a szerszámokat és a forgácsolási paraméterekhez szükséges adatokat
- darabol L +ΔL-re (a darab L hossza dönt, hogy egy vagy több alkatrészt készítünk)
- oldalaz D+ΔD-re
- esztergál D x L+ΔL-re, *fűr n1 x d1-re, éltör c1 x 45°-ra, esztergál D1+ΔD1 xL1-re, esztergál D1 x L1-re, éltör c x 45°-ra, fűr n2 x d2-Ad2-re, éltör, menetel n2 x d2-re, leszúr L+ΔL-re,*
- *fűr d6-Δd6 x L+ΔL-re, esztergál d6-Δd6 x L+ΔL-re, csiszol d6 ra, esztergál d5 x l5-re, és b x l2-re*
- *fűr n3 x d3-ra, sülyleszt n4 x d4 x l4-re*
- *Nemesít, tisztít*
- *barnít.*

A műveletelemeket sorba rendezve a már említett elvek alapján, a 2.táblázatba foglalt művelet sor generálódik :

2. Táblázat

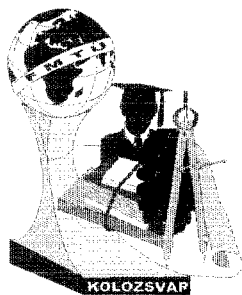
Műveletelem	Műveletelem
- darabol L +ΔL-re	- fűr n1 x d1-re
	- éltör c1 x 45°-ra
- oldalaz D+ΔD-re	- fűr n2 x d2-Ad2-re
- esztergál D x L+ΔL-re	- , éltör
- esztergál D1+ΔD1 xL1-re	- menetel n2 x d2-re
- esztergál D1 x L1-re	- fűr n3 x d3-ra
- éltör c x 45°-ra	- sülyleszt n4 x d4 x l4-re
- fűr d6-Δd6 x L+ΔL-re	- nemesít
- esztergál d6-Δd6 x L+ΔL-re	- tisztít
- esztergál d5 x l5-re	- csiszol d6 ra
- leszúr L+ΔL-re	- barnít

4. Irodalom

1. DUŞA, P. : Proiectarea tehnologiilor în sisteme flexibile, Universitatea "Gheorghe Asachi" Iaşi, 1996
2. NOLEN, J. : Computer-automated procces planning for world-class manufacturing, Marcel Dekker, Inc. New York and Basel, 1989
3. TÓTH, T. : Automatizált műszaki tervezés a gépgyártástechnológiában, Tan-könyvkiadó, Budapest, 1990
4. X X X : Gleda és Gtiprog-alkatrészgyártási folyamatok számítógépes tervezéséhez, Ipari technológiai centrum automatizált műszaki tervezés Kft, 1990

MEZEI SÁNDOR gépészmérnök
A kolozsvári Műszaki Egyetem doktorandusa
Traian Vuia iskolaközpont, Marosvásárhely
065-214511

Ifj. MEZEI. SÁNDOR hallgató
Petru Maior egyetem, Marosvásárhely
065-214511, e-mail : sanyi@el.uttgm.ro



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

PTS ESEMÉNYEK ELASZTO-PLASZTIKUS VÉGESELEMES VIZSGÁLATA

Tatár Levente

Fekete Tamás

Abstract: PTS (Pressurised Thermal Shock) phenomenon for nuclear reactor pressure vessels is analysed using finite element models with elastic-plastic formulation, with accent on austenitic cladding of the reactor pressure vessel. It was found that the effect of cladding varies greatly in time as embrittlement of the cladding material due to high irradiation occurs.

Bevezetés

Atomerőművek biztonságos működése szempontjából igen jelentős szerepe van a reaktortartály üzemzavar során tanúsított viselkedésének. Üzemzavar esetén ugyanis felléphet az úgynevezett *nyomás alatti hűtés*, melynek lényege, hogy a normális körülmények között viszonylag magas hőmérsékleten ($\approx 250-300^\circ\text{C}$) és nyomáson ($\approx 120-140$ bar) üzemelő reaktortartályba hirtelen nagy mennyiségű hideg víz kerülhet, mely a tartályfalban nagy tranziens hőfeszültségeket kelt, és ugyanakkor a belső nyomás is megváltozhat. Ezt a jelenséget az angol elnevezés alapján (Pressurised Thermal Shock) a szakirodalomban leginkább PTS néven emlegetik. A reaktortartály fala két, fizikailag eltérő tulajdonságú rétegből áll. A szerkezet teherviselő része ferrites szerkezetű reaktoracélból készül, melyről ismert, hogy a reaktorban üzem közben fellépő neutronsugárzás hatására ridegszik. Az alapanyag ridegedését a biztonsági elemzések során figyelembe veszik. A fal belső felületén ausztenites szövetszerkezetű plattírozás található, melynek elsődleges szerepe az, hogy az alapanyagot a hűtőközeg okozta korróziótól megvédje. Ennek az anyagnak besugárzatlan állapotban alacsony a folyáshatára és nagy mértékű képlékeny alakváltozást képes elviselni. Mivel kifejlesztésekor azt feltételezték, hogy a neutronsugárzás hatására nem ridegszik, hatását a biztonsági számításokban általában nem veszik figyelembe.

Vizsgálataink azt mutatják, hogy a plattírozás hatását igenis figyelembe kell venni, mivel az ausztenites saválló acélnak az alapfémtől jelentősen eltérő a hővezetési tényezője, a hőtágulási együtthatója, ráadásul újabb kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a besugárzás előtti állapotban alacsony folyáshatárú és nagy képlékeny alakváltozásra képes anyag a sugárzás hatására jelentősen ridegedik [1]. Munkánkban azt mutatjuk be, hogy milyen hatása van a plattírozásnak a PTS tranziens során fellépő feszültségeloszlásra, figyelembe véve annak az üzem közbeni neutronsugárzás okozta fokozatos elridegedését.

A PTS számítások gondolatmenete

A PTS analízis alapvetően három fő lépésre tagolható:

- a) hőtani számítás, melyben a tranziens során a tartályban kialakuló hőmérséklet-eloszlásokat állapítjuk meg a hővezetés differenciálegyenleteinek harmadfajú, időfüggő peremfeltételek melletti megoldásával;
- b) szilárdsági számítás, melynek során a falban a hőmérséklet-tranziens és az időfüggő peremfeltételek hatására kialakuló deformáció- és feszültségmezőt határozzuk meg a rugalmasság (ill. képlékenységtan) differenciálegyenlet-rendszereinek megoldásával;
- c) törésmechanikai elemzés, melynek során a falban detektált vagy feltételezett repedések stabilitási kérdéseit elemezzük a tranziens viszonyai közepette.

Dolgozatunkban helyszűke miatt a téma vázlatos ismertetésétől is el kell tekintenünk. Rövid összefoglalót tartalmaz [2]. Ugyancsak terjedelmi okokból vizsgálatunknak csak a hőtani és szilárdsági számítás során kapott eredményeit mutatjuk be.

Az alkalmazott modell

A feladatot végeselemes modellszámításokkal oldottuk meg, melynek során axiálszimmetrikus, izoparaméteres 8 csomópontos elemeket használtunk.

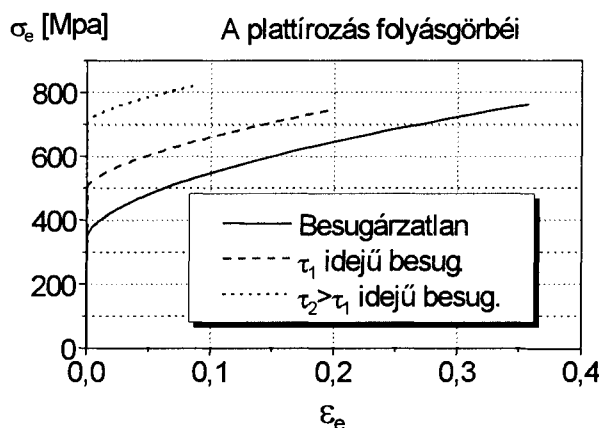
A számítások során feltételeztük, hogy a plattírozás rugalmas-képlékeny anyagtulajdonságokkal rendelkezik. Előzetes kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a tartály plattírozás anyagának szilárdsági jellemzői az öt ért besugárzás nagyságának függvényében változnak. Ez a változás az anyag egyre fokozódó ridegedését jelenti. A jelenséget más néven öregedésnek is nevezzük. A számítások során a tartály 3 féle öregedési (besugárzás előtti, τ_1 idejű besugárzás utáni és $\tau_2 > \tau_1$ idejű besugárzás utáni) állapotának megfelelő modelleket használtunk ami háromféle folyáshatárt és képlékeny folyásgörbét jelent. A görbéket az (1.) ábrán mutatjuk be. Az alapanyag esetén lineárisan rugalmas modellt alkalmaztunk, mert előzetes számításaink kimutatták, hogy abban a tranziensek során fellépő hőfeszültség mindig alatta marad az anyag folyáshatárának. Az elemzések során feltételeztük, hogy a hőtágulási és hővezetési tényező a besugárzás hatására nem változik.

A lehetséges PTS tranziens típusok közül a lehető legveszélyesebbre végeztük el a számításokat, ami igen súlyos és igen kis (gyakorlatilag 0) valószínűséggel előforduló feltételezett üzemi baleset, mely szerint a tartály belső nedvesített felületén a hőmérséklet 30 s alatt lecsökken 265 °C-ról 20 °C-ra, a nyomás pedig gyakorlatilag azonnal lecsökken 12.2 Mpa-ról (122 bar) 0.5 Mpa-ra (5 bar) és ezen a szinten állandósul.

A vizsgálat során a számításokat a plattírozás tulajdonságainak alábbi 5 változatára készítettük el:

1. A plattírozás anyagtulajdonságait megegyezőnek tekintettük az alapanyagéval.
2. Figyelembe vettük a plattírozás és az alapanyag eltérő hővezetési és hőtágulási tulajdonságait, de lineárisan rugalmas számítást végeztünk

3. A plattírozás tulajdonságait az anyag besugárzás előtt érvényes folyásgörbéjével vettük figyelembe, tekintetbe véve a plattírozás és az alapanyag eltérő hővezetési és hőtágulási tényezőjét is.
4. A plattírozás tulajdonságait annak a τ_1 besugárzási idő után érvényes folyásgörbéjével vettük figyelembe, a plattírozás és alapanyag eltérő hővezetési tényezőjét használva.
5. A plattírozás tulajdonságait a τ_2 besugárzási idő után érvényes folyásgörbéjével modelleztük, a plattírozás és alapanyag eltérő hővezetési tényezőjét is figyelembe véve.



1 ábra: A plattírozás anyagának különböző besugárzási időkhöz tartozó folyásgörbéi

Eredmények, következtetések

A tranziens számítások eredményei közül a legjellemzőbbnek tartott, a tranziens 100. s-ra vonatkozó eredményeket mutatjuk be a (2.) (3.) (4.) és az (5.) ábrán.

A (2.) ábra azt mutatja, hogyan alakul a hőmérséklet-eloszlás a szerkezet falában. A fal belső és külső felülete között a hőmérséklet-különbség 215 °C.

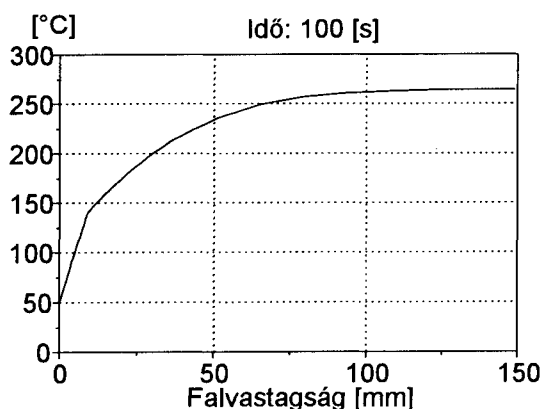
A (3.) ábrán a plattírozás elhanyagolásával, a plattírozás lineárisan rugalmas viselkedésének feltételezésével, valamint a plattírozás besugárzatlan állapotában érvényes plastikus tulajdonságainak feltételezésével végzett számítások eredményeit mutatjuk be. Jól látszik, hogy a plattírozás teljes vastagságában megfolyik. A falban fellépő feszültségeket a kétféle lineáris számítás az elasztó-plasztikus számításnál konzervatívabban ítéli meg.

A (4.) ábrán a lineárisan rugalmas számítások eredményeit a plattírozás τ_1 idejű besugárzás után érvényes képlékeny tulajdonságait feltételező kalkulációk eredményeivel vetjük össze. Jól kivehető, hogy az elasztó-plasztikus számítások eredményei a plattírozásban kb. megegyeznek a plattírozás elhanyagolásával végzett számításáival, és a plattírozás teljes vastagságában megfolyik.

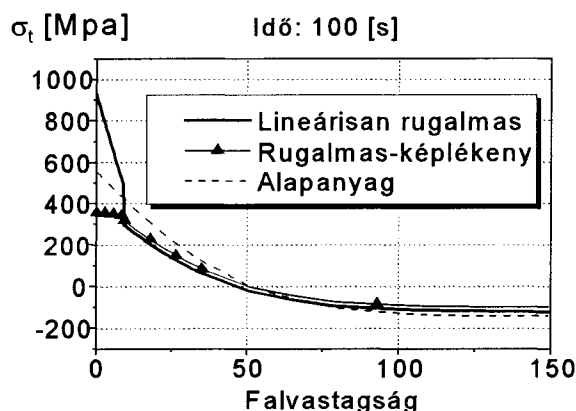
Az (5.) ábrán a lineáris számítások eredményeit a plattírozás τ_2 idejű besugárzás után érvényes képlékeny tulajdonságait feltételező kalkulációk eredményeivel hasonlítjuk össze. Jól látszik, hogy ebben az esetben a plattírozás már nem folyik meg teljes vastagságában, és az elasztó-plasztikus számítások eredményei közelebb állnak a plattírozás tulajdonságait figyelembe vevő lineárisan rugalmas számítások eredményei-

hez, mint az azt elhanyagoló számításokhoz. Ez utóbbi számítás a plattírozásban fellépő feszültségviszonyokat alábecsli.

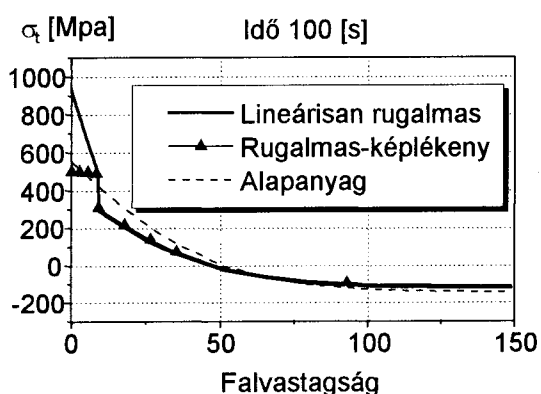
Az eredmények azt mutatják, hogy a reaktortartály plattírozás anyagának az üzemidő során bekövetkező fokozatos elridegedése a tartályfalban PTS tranziensek során fellépő feszültségeket erősen befolyásolja, ezért ezt a hatást a biztonsági elemzések során indokolt figyelembe venni.



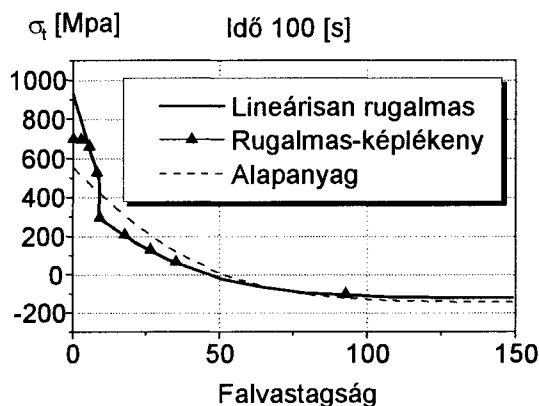
2. ábra: Hőmérséklet-eloszlás



3. ábra: Besugárzatlan állapot



4. ábra: τ_1 besugárzási idő.



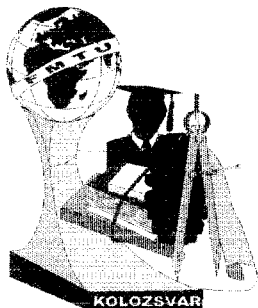
5. ábra: τ_2 besugárzási idő.

Irodalom:

- [1] Brumovský, M. és mások: Cladding Properties Changes During Operation. In: IAEA SPECIALIST'S MEETING ON IRRADIATION EFFECTS AND MITIGATION, 15-19 September 1997. Vladimir, Russia.
- [2] Fekete T.: Nyomás alatti hősokek tranziensek hatására repedésekre, vastagfalú nyomástartó edényekben. Az V. törésmechanikai szeminárium, Miskolc-Tapolca, 1995. április előadásai. 95-100. old.

Tatár Levente
tud. segédmunkatárs
Központi Fizikai Kutató-intézet AEKI
Budapest, Konkoly Thege M. u. 29-33
e-mail: tatar@sunserv.kfki.hu

Fekete Tamás
tud. munkatárs
Központi Fizikai Kutató-intézet AEKI
Budapest, Konkoly Thege M. u. 29-33
e-mail: fekete@sunserv.kfki.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

ELŐHENGERELT FELTEKERCELT LEMEZ KIHŰLÉSI MODELLEZÉSE

Hegman Norbert Ph.D., Baross Botond, Klementis Otto Ph.D.

FEM simulation was performed in order to obtain the temperature variation during a free cooling process of a coiled up steel sheet. In practice the main problem is that the different parts of the coiled metal sheet can cool down with different rate leading to a non-uniform solid state morphology, which can be considered in the frame of product quality. The control parameters of such a heat treatments are a big interest to improve the technology to get the desired quality. Our purpose was to calculate the T-t curves which can be mapped on the corresponding phase diagram for analysing the final structure. The model considered the heat radiation between the neighbouring sheet-sheet surfaces and between the sheets and the environment. Convective heat transport was allowed at the outer surfaces of the cylinder geometry, while conductive transport was let only in the axial direction in order to simplify the geometrical representation. The model is suitable to include possible advanced technological set up as applying outer radiation shields or exchange gas flow along the gap between the coiled sheet-turns.

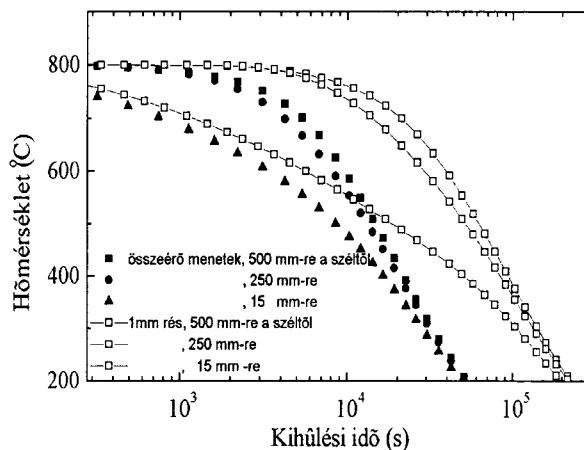
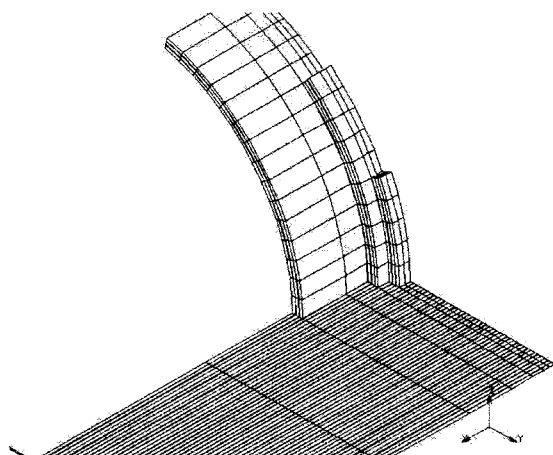
BEVEZETÉS

A lemeztermékek gyártásakor az előhengerelt szélesszalagokat többnyire csévéelve tárolják, ill. továbbítják a készsorra, esetleg lágyító hőkezelésre. A melegen hengerelt, felcsévélt anyag hűlése a csévé geometriájából adódóan nem egyenletes, ami befolyással van a szalag fizikai tulajdonságaira, így áttelelesen a selejthányadra is. A csévélt szélesszalag egyes pontjai hőmérsékletének nyomon követése üzemileg nem megoldható, ezért szükséges a lehűlés számítása vagy modellezése. Jelen tanulmányunkban az volt a célunk, hogy a folyamat végeselemes modellezésével (VEM) bemutassuk annak előnyeit.

A MODELL FELÉPÍTÉSE

Modellünkben feltételezzük, hogy egy előhengerelt 1 m széles 9 mm vastag lemez halad át folyamatosan egy zuhanyoztató hűtőrendszeren, aminek a végén egységesen eléri a 800°C hőmérsékletet. Az innen kilépő lemezt a szabad kihűlési idejéhez képest gyorsan felcsévélik úgy, hogy a csévézés ideje alatt a hőmérséklet nem változik. Itt rögtön felmerül egy másik kérdés, hogy a tekercselés során a plasztikus alakváltozás mértéke és sebessége milyen belső hőforrásokat generál. Ez főleg a kisebb sugarak mentén lehet jelentős, de a tekercselési melegedés ellen hat a magas hőmérséklet, ahol a folyási görbék alacsonyabb feszültség tartományba tolódnak el. Modellünk jelen fázisában a tekercselési

melegedés lehetőségét nem vettük figyelembe, szükség esetén kiegészíthető a modell ezzel a hatással is. A feltekercselt lemezt több variációban is vizsgáltuk, a lemezpalástok közötti légrést 1 majd 5 mm-re állítottuk és végül szélső esetként a teljesen érintkező lemez-menetek esetét vettük (itt még a kontaktellenállás fellépését nem vettük figyelembe). Minden esetben 51 menetből felépített tekercssel számoltunk (0,5 m belső sugárral). A spirális tekercset koncentrikus, egymással nem érintkező hengerpalástokkal helyettesítettük.



1. ábra: a hengersizmetikus tekercselrendezés, **2. ábra:** a feltekercselt acéllemez kihűlési görbéi
a modell csak a 2D-s síkkal számol. különböző pontokban és résszélességnél.

Az egyszerűsítések által egy z tengely irányára hengersizmetikus geometriát kaptunk, lemondván az eredeti csigavonal mentén a z tengelyre merőleges hővezetési járulékról. Ez az elhanyagolás a hengersizmetikus kezelhetőség érdekében megengedhető, mivel bizonyítható, hogy két lemez menet közötti eredő hőszugárzási energia lényegesen nagyobb, mint a hővezetés általi energia áram, még a legbelső menet esetén is. Az **1. ábrán** láthatjuk a hengersizmetikus elrendezést, amiből a modell számítása során csak a síkban fekvő réteges szerkezet volt az érdekes. A hossz tengely menti test felét elég volt venni a szimmetrikus elrendezés miatt. Az így kapott középső, nyitott metszet hőtani szigeteltségét kellett még biztosítani a hőszugárzásra nézve is, amit a lég résekbe alkalmasan elhelyezett tükrökkel közelítettünk meg. A tengely irányú fél modellre azért volt szükség, hogy a hőszugárzó elemi felületek számát jelentősen le tudjuk csökkenteni. A hőszugárzó felületek páronként való orientációjának a meghatározása a VEM számolást megelőző lépés, ami négyzetesen függ a felületek számától, és jelenleg ez a leginkább időigényes része a szimulációnak. A feltekercselt lemez kihűlése formálisan az alábbiakban összegezhető.

- Az időfüggő hődiffúziós differenciálegyenlet tranziens megoldását kell keresni a hőmérséklet eloszlásra ($T(\mathbf{x}, t)$) a lemezben [1],

$$\rho C (\partial T / \partial t) - \nabla \cdot (\kappa \nabla T) = Q,$$

ahol $Q = 0$, mivel a belső hőforrásoktól eltekintünk,
a többi paraméter értelmezése az **1. Táblázatban** van részletezve.

- A kezdőfeltétel mint már említettük: $T(x,t=0) = 800^\circ\text{C}$.
- A lehűlés számára a következő határfeltételeket engedjük meg:

hőcserére: $\vec{n} (\kappa \nabla T) + q_c = 0$, csak a külvilág felé néző felületekre (egymással szembenező lemezfelületek esetén nem)

hősurázásra: $\vec{n} (\kappa \nabla T) + q_r = 0$, az összes felületen, kivéve a szimmetriasíokban lévő izolált felületekre, ahol a résekbe tükröket helyeztünk el.

A formulákban (\vec{n}) a felületek normálisa, $q_c = h_c(T - T_c)$ és $q_r = h_r(T - T_r)$ a konvektív, illetve sugárzási járulékok a külső referencia hőmérsékletekre, $T_c = T_r = 20^\circ\text{C}$ -ra vonatkoztatva. Esetünkben egy állandó hőcserélődési tényezőt alkalmaztunk, $h_c = 10 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ minden megfelelő felületre. Az effektív hősugárzási tényező, $h_r = \epsilon F \sigma (T + T_r) (T^2 + T_r^2)$, ahol $\sigma = 5.75 \cdot 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{K}^4)$, a Stefan-Boltzmann állandó, F a sugárzási szögtényező (radiation view factor), és $\epsilon = 0,8$ (egységesen állandó) a felületi emissziós képesség. A szögtényezőket a VEM program készíti el az alábbi jól ismert integrálok kiszámításával [2]:

$$F_{i-j} = \frac{1}{A_k} \int_{A_k} \int_{A_j} \frac{\cos \Theta_k \cos \Theta_j}{\pi \cdot R^2} dA_j dA_k,$$

ahol R a távolság az A_j és az A_k felületek között. A két szög, θ_j és θ_k a felületek normálisa és az összekötő egyenes által bezárt szögek.

A hősugárzás határfeltételekor kirótt $T_r = 20^\circ\text{C}$ feltétel szigorúan véve csak a teljességgel a külső környezetbe sugárzó felületekre marad igaz, az egymást látó felületek egymás referencia hőmérsékletét megemelik, illetve a sorozatos reflexiók egy módosított emissziós tényezőbe foglalhatóak bele. Ezek az effektusok a számítási iterációk során automatikusan megvalósulnak. A szerkezetből következően hővezetés csak tengely irányban lehetséges, ez pótolja az éleken kisugárzott energiát.

Egy igen lényeges jelenség a lemez hűtésénél az áramlásos (convective) hőcsere, amely minden felületen hat, azonban ezt elhanyagoltuk a tekercsen belüli menetek felületeire, (csak a külvilág felé néző felületekre adtunk meg hőcserélődést). Feltételeztük, hogy a kis hőkapacitású levegő gyorsan felveszi a lemez hőmérsékletét és a rések nagy áramlási ellenállása miatt nehezen távozik onnan el, így kicsi a hőcserélő képessége.

Tömeg sűrűség $\rho(T)$ [kg/m ³]	Hővezető képesség $\kappa(T)$ [W/mK]	Fajhő C [J/kg K]
7800	20 °C – 75	0 °C - 465
	300 - 55	100 - 490
	700 - 34	300 - 560
	1500 - 20	500 - 680
		750 - 750

1.Táblázat: az acéllemez modellezéséhez használt anyag adatok.

EREDMÉNYEK

A vége-selelemes modellezés eredményeként a hengerelt szalag minden pontjának hőmérséklet változása a kihűlés során nyomon követhető. Ezen ismeretek és az anyag fémtani jellemzői, leginkább az átalakulásokat a T-t mezőben bemutató C görbék ismeretében előre feltérképezhetők a lemez egyenlőtlen hűléséből adódó inhomogenitások. A 800°C-ra egyenletesen lehűtött lemeztermék egyes pontjainak hőmérséklete a felcsévélésből adódóan más-más lehűlési sebességgel csökken, így máskor érik el a szilárd átalakulások kezdetéhez és befejeződéséhez tartozó C – görbéket. Legnagyobb különbség a csévé (és így a lemez) széle és közepe, valamint a szalag eleje és a legkülső hurok között tapasztalható, ami megjelenhet szemcseméretbeli különbségben (G) vagy az újrakristályosodott ill. átalakult hányadbeli különbségekben (X, %). A perlit-képződésre hatással van a csírképződési valamint növekedési sebesség, amelyek mindegyike hőmérsékletfüggő [3-4]. A **2. ábrán** a tizedik menetben a széltől mért három pontban (15, 250, 500 mm) vettük fel a lehűlési görbéket az összeérő és az 1 mm réstávolságú menetek esetén. Látható a szélek gyors kihűlése mindkét esetben, és a tömör test gyorsabb kihűlése a belső radiális hővezetés jelenléte miatt. Mindkét esetben a lehűlés jelentős hőmérséklet gradiens jelenlétében zajlik le, időben azonban eltolódva.

A mechanikai tulajdonságok alakulására a szemcseméret és a perlit lemezek vastagsága, valamint a lemezek közötti távolság egyaránt hatással vannak. A szemcseméret növekedésével az alacsony C – tartalmú ferrites acélok folyáshatára csökken. Ugyanakkor a perlitlamellák közötti távolság (S_p) növekedése a perlites acélok folyáshatárára csökkentő hatással van [4].

Mindezek ismeretében fontosnak tartjuk, hogy az elvégzett modellezés eredményeit valódi ipari körülményekre is adoptáljuk és az ott mért adatokkal összevessük, különös tekintettel a hőkezelési, lágyítási folyamatok optimalizálására.

HIVATKOZÁSOK:

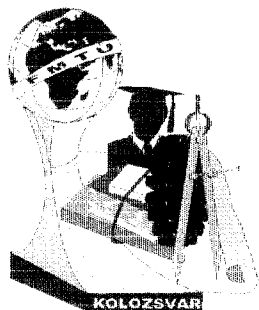
- [1] J.N. Reddy, D.K. Gartling, The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics, Chapter 2., CRC Press, Inc., 1994.
- [2] MARC Analysis Res. Corp., Theory and User Information, Volume A, Version K7, Chapter 6.
- [3] Dr. Zorkóczy Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat, p.197-233, (1978.) Tankönyvkiadó, Budapest
- [4] ASM International: ASM Handbook, Volume 20, p.350-375, ASM (1997.)

Hegman Norbert Ph.D.

Bay Zoltán Alapítvány, Logisztikai és Gyártástechnológiai Intézet

Miskolc-Tapolca, Iglói u.2. H-3519, Magyarország

Tel: +36 (46) 363-622, Fax: +36 (46) 369-438, e-mail: nhegman@bzlogi.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A lemezgrafitos öntöttvas metallurgiai minőségének és a beoltás hatékonyságának meghatározása termikus elemzéssel

Varga László, Dr. Dúl Jenő

The thermal analysis of cast iron traditionally serves for quick determination of C%, Si% and CEL% values on basis of the measured values of liquid temperature (T_L) and solid temperature (T_S) and on the estimated phosphorus content (P%). The metallurgical quality of the cast iron is determined by the factors influencing the crystallisation of the eutectic. At given chemical composition and cooling conditions the metallurgical quality depends on the nucleation status. There exists no generally accepted plant-scale process for the presentation of the nucleation status. For a given type of cast iron the less is the over-cooling prior to the eutectic crystallisation, the better is the metallurgical quality. For estimating the metallurgical quality we have introduced a new method by the determination of the nucleation factor, which is the relationship of the difference of the measured stable and metastable eutectic temperatures to the difference of the equilibrium stable and metastable eutectic temperatures, expressed in per cent value. The nucleation factor can be determined by the thermal analysis of the carbide and graphitic cast iron. Tests have shown that by adding equal quantity of modifier, the value of the nucleation factor will be higher in case of a higher Si-content or a bigger graphitisation tendency. The nucleation factor is appropriate for determining the effectiveness of the modification and for detecting the different effects of the different modifiers. The data-collection system and the software developed to it enables the user to determine in the real time the value of the nucleation factor parallel to the chemical composition of the cast iron.

A termikus elemzést napjainkban széleskörűen alkalmazzák az öntődék a kémiai összetétel gyors meghatározására azokban a vasöntődékben is, ahol a spektrométeres elemzés lehetőségei is adóttak. A kémiai összetétel meghatározását metastabilis eutektikus kristályosodású próbával végzik, melyet a tégely tellúrtartalmú adaléka biztosít. A csíráállapot kimutatására nincs általánosan elfogadott és üzemi körülmények között alkalmazott eljárás.

A lemezgrafitos öntöttvas termikus analízissel történő kémiai összetételének meghatározásához használt összefüggések:

- Likvidusz hőmérséklet: $T_L = 1664 - 124 \text{ CEL\%}$ (1)
- Likvidusz-karbon egyenérték: $\text{CEL\%} = \text{C \%} + \text{Si \%} / 4 + \text{P \%} / 2$ (2)
- A metastabilis eutektikus hőmérséklet (szolidusz hőmérséklet):
 $T_S = 1138,2 - 6,93 (\text{Si \%} + 2,5 \text{ P \%}) - 1,717 (\text{Si \%} + 2,5 \text{ P \%})^2$ (3)

- A szilícium tartalom: $Si \% = (666,97 - 0,582 T_S)^{1/2} - 2,02 - 2,5P \% \quad (4)$

- A karbon tartalom: $C \% = 0,0178 T_S - 0,0084 T_L - 6,51 \quad (5)$

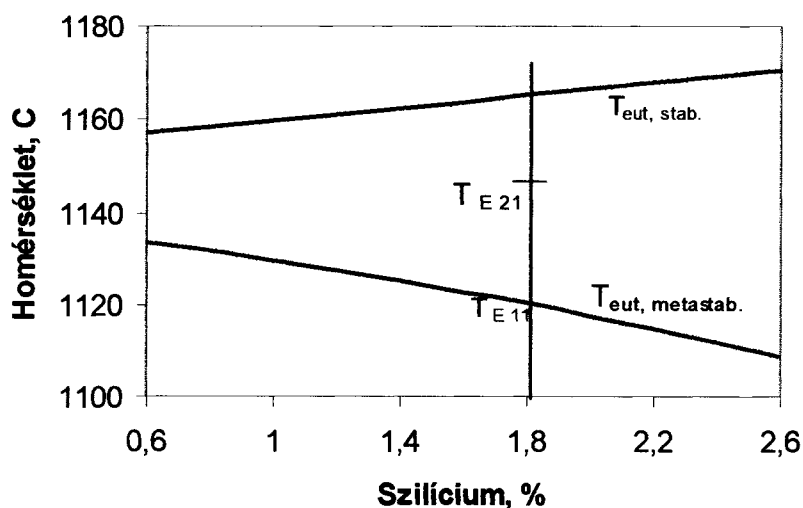
A telítési szám a termikus elemzés eredményei alapján:

$$Sc = C \% / C_C' \% = C \% / 4,26 - 0,317 Si\% - 0,33 P\% \quad (6)$$

A temikus elemzés mért értékei és a becsült foszfortartalom ismeretében a kidolgozott algoritmusok felhasználásával a 30 mm átmérőjű próba várható szilárdsági tulajdonságai kiszámíthatók, pl. szakítószilárdság, Brinell keménység.

A lemezgrafitos öntöttvas metallurgiai minőségének meghatározása

A lemezgrafitos öntöttvas metallurgiai minőségét az eutektikum kristályosodását befolyásoló tényezők határozzák meg. Adott kémiai összetétel és lehülési viszonyok mellett a metallurgiai minőség a csíráállapottól függ. Az öntöttvas csíráállapotát mesterséges csíráképző beoltással, módosítással befolyásolják. Adott öntöttvas esetén annál jobb a metallurgiai minőség minél kisebb az eutektikus kristályosodást megelőző túlhűlés, azaz minél nagyobb a stabilis és a metastabilis eutektikus kristályosodás mért hőmérséklete közötti különbség. A kisebb túlhűlés következtében kedvezőbbek a kristályosodás körülményei, több eutektikus cella képződik, ezáltal kedvezőbb a grafit mérete, eloszlása és javulnak a szilárdsági tulajdonságok. Az 1. ábrán az egyensúlyi stabilis és metastabilis eutektikus hőmérséklet változása látható a szilíciumtartalom függvényében.



1. ábra

Az egyensúlyi stabilis és a metastabilis eutektikus hőmérséklet változása a szilíciumtartalom függvényében

Az egyensúlyi stabilis eutektikus kristályosodás hőmérséklete:

$$T_{(eut)stab.} = 1153 + 6,7 Si\% \quad (7)$$

A metastabilis eutektikus kristályosodás hőmérsékletét ($T_{\text{eut. metastab}}$) a (3). egyenlet tartalmazza.

A csíráképződési tényező meghatározása

A metallurgiai minőség megítélésére javasoljuk R. Döpp elméletét követve [1] a nevének kezdőbetűjével jelölt (D) csíráképződési tényezőt, mely a mért stabilis és a metastabilis eutektikus hőmérséklet különbségének aránya az egyensúlyi stabilis és metastabilis eutektikus hőmérséklet különbségéhez, százalékban kifejezve.

A csíráképződési tényező az 1. ábrán feltüntetett jelölésekkel:

$$D = 100 (T_{E21} - T_{E11}) / ((1153 + 6,7 \text{ Si}\%) - T_{E11}) \quad (8)$$

T_{E21} : mért stabilis eutektikus hőmérséklet

T_{E11} : mért metastabilis eutektikus hőmérséklet

A csíráképződési tényező vizsgálatához tehát két párhuzamos mérés szükséges:

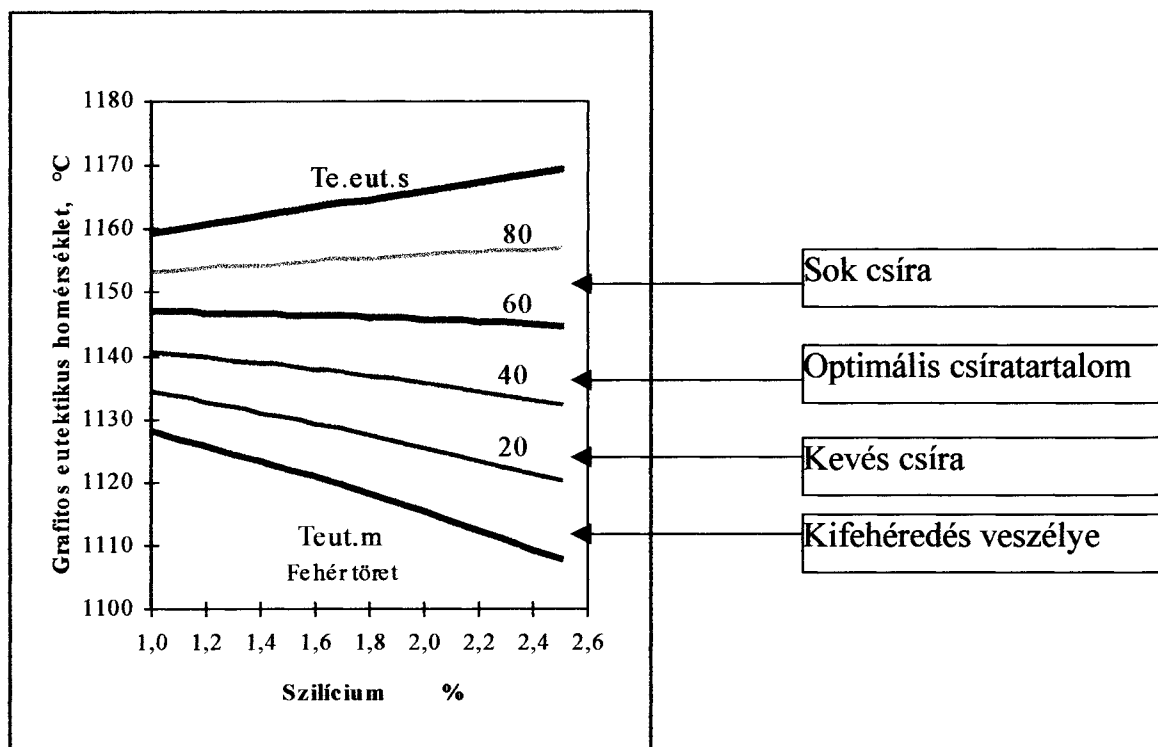
1. A módosított öntöttvas metastabilis eutektikus hőmérsékletének meghatározása tellúros téggel (T_{E11}). Ez a hagyományos termikus elemzés eredményének része, illetve a kémiai összetétel ismeretében számítható.
2. A módosított öntöttvas stabilis eutektikus hőmérséklet minimumának meghatározása tellúr nélküli téggel (T_{E21}).

A csíráképződési tényező magában foglalja az eutektikus kristályosodás közben kialakuló túlhűlés (csíráállapot) és a kémiai összetétel hatását is, ezért alkalmas a metallurgiai minőség jellemzésére.

A csíráképződési tényező és az öntöttvas csíráállapota közötti kapcsolatot a 2. ábra szemlélteti. A csíraszegény olvadékból az eutektikum nagy túlhűléssel kristályosodik, nagy a kiféheredés veszélye. A csíráképződési tényező az ilyen beoltás nélküli öntöttvasaknál 20 alatt van. Nem kellő hatékonyságú a beoltás és kevés a csíra a 40 alatti csíráképződési tényező esetén. A jó csíráállapotú öntöttvasak csíráképződési tényező értéke 40 fölött van.

A csíráképződési tényező alkalmas a beoltás hatékonyságának a megállapítására is, ha elvégezzük a vizsgálatot módosítás előtt, illetve módosítás után, vagy különböző mennyiségben adagolt módosító anyag felhasználásával. Üzemi és laboratóriumi kísérletek igazolták a különböző összetételű, de azonos mennyiségben adagolt módosítóanyagok eltérő hatását az öntöttvas kristályosodási tulajdonságaira. Az azonos minőségben és mennyiségben adagolt beoltóanyag hatása, nagymértékben függ az alapvas kémiai összetételétől, illetve a kiinduló csíráállapottól. A kiinduló csíráállapotot az olvasztástechnológia, a betétanyag minősége, a túlhevítés mértéke és a hőntartás időtartama határozza meg.

A csíráképződési tényező értékei és a csíráállapot közötti kapcsolat értelmezése:



2. ábra

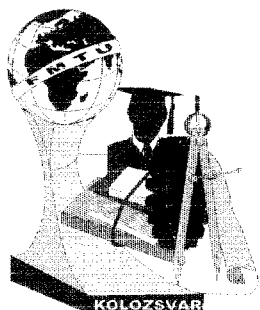
A csíráképződési tényező és az eutektikus csíraszám kapcsolata

A szerzők közös munkájának eredményeként sikerült kialakítani az öntöttvas termikus elemzésére egy olyan mérőrendszert, melynek alkalmazásával valós időben meghatározható a kémiai összetétel és a csíráképződési tényező. A mérőrendszer tartalmaz egy ADAM 4018 típusú 16 bites hőmérsékletmérő és digitalizáló modult, mely közvetlenül a mérés helyszínére telepíthető a tégelytartóval, továbbá egy jelátalakító modult, mely a számítógéphez csatlakozik. Az adatok kiértékelésére, regisztrálására és a számítások elvégzésére az ADVANTECH GENIE programot használjuk, melyhez alkalmazói programot fejlesztettünk ki. Az ADAM rendszerhez kifejlesztett számítógépes programmal valós időben határozható meg az öntöttvas kémiai összetétele mellett a csíráképződési tényező értéke is.

Irodalom:

[1] R. Döpp, D. Blankenagel, K. Lindemann, B. Prinz, Y. Radjef: Beitrag zur thermischen Analyse von Gusslegierungen. Giesserei-Praxis, 1984, Nr. 7, 141-148.

Varga László doktorandusz, Dr. Dúl Jenő egyetemi docens
 Miskolci Egyetem
 Anyag- és Kohómérnöki Kar
 Öntészeti Tanszék
 Miskolc, Egyetemváros 3515
 Tel: 369-519
 Ontvarga@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

ENERGETIKAI TRANSZPORT FOLYAMATOK VIZSGÁLATA ERŐGÉPEKEN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A TALAJ- GUMIABRONCS KAPCSOLATRA

Dr. Laib Lajos egyetemi tanár

Virág Zoltán PhD hallgató

Abstract

One of the key unsolved problems in off-road locomotion research is the mathematical description of the physical process in the tire-soil interface.

The soil profile, which generates the vibration of the vehicle, is significantly modified by the vehicle itself. Part of the kinetic energy of the vibrating vehicle is absorbed by the soil while the dynamic normal and shear forces are affecting the interaction.

Bevezetés

A járművekkel foglalkozó műszaki tudományok fontos területének egyike az energetikai transzport folyamatok vizsgálata. Mivel a jármű hatásfokát a bevezetett és a hasznos teljesítmény határozza meg fontos ismerni a két végpont között lejátszódó folyamatokat.

Terepjáró járművek és mezőgazdasági erőgépek alkalmazásának alapvető feltétele a vonóerő kifejtés, miközben a vontatás, önvontatás veszteségeit fedezni kell. Ezen járművek üzemi viszonyai lényegesen eltérnek a közúti járművek üzemi viszonyaitól, mert folyamatosan instacioner körülmények között, magas közepes terhelést kapnak.

A szabadföldön mozgó járművek vizsgálatával már a század elején foglalkoztak. A kutatók a kerék-talaj kapcsolatban végbemenő mechanikai folyamatok meghatározására, valamint e folyamatok képletekkel történő leírására törekedtek, mert a járművek haladását elsősorban a talaj és a kerék-talaj kapcsolata befolyásolja.

A kutatások elején kiderült, hogy a járműkerék alatt a talaj kettős igénybevételnek van kitéve: egyrészt a normális jellegű igénybevétel hatására a talaj összenyomódik, másrészt a hajtónyomaték nyírási jellegű igénybevételt fejt ki a talaj kerék alatti részére. Mindezen igénybevételek közben relatív elmozdulás (csúszás) lép fel a gumiabroncsban, a talaj és a gumiabroncs között, valamint a talajszemcsék között.

A vonóerő kifejtés alapvető feltétele a talaj-deformációja, de a létrejövő igénybevételeknek káros hatása van. A talaj tömörítése és nyírása jelentős energia felhasználást kíván a jármű részéről (gördülési ellenállás), valamint a talajnak rosszak lesznek a víz és levegő áramlási viszonyai.

A kutatók által kidolgozott hagyományos számítási módszerek stacionerek voltak, miközben a járművek instacioner körülmények között működnek. A jármű mozgásakor a terep egyenetlenségek által gerjesztett lengések miatt a normál irányú erő instacioner, és ez hatással van a talaj-járműkerék kapcsolatra. További problémát jelent a talajon belüli relatív elmozdulás, valamint a slip jelensége. Mindezek együttesen csökkentik a kidolgozott képletek alkalmazhatóságát. [1]

A kutatás új lendületet kapott a terepen mozgó jármű mozgékonyágát szimulációval meghatározó modellek kidolgozásával. Kifejlesztésre és alkalmazásra kerültek olyan dinamikai elemző szoftverek, mint az ADAMS, a DADS és a SOVAS. Mindezek ellenére a kerék-talaj kapcsolat dinamikai modellezése jelentősen nem fejlődött, mert a kerék-talaj kapcsolatának számos kérdése még mindig nem tisztázott, köztük az egyik legfontosabb kérdés a terepprofil szerepe.

Célkitűzés

Mozgékonyági modellekkel végzett kísérletek során bizonyossá vált, hogy a jármű jelentősen módosítja a lengéseit gerjesztő terepegyenetlenségeket. A kerék előtt található természetes profil a jármű áthaladása közben módosul és kialakul az úgynevezett „visszamaradó” terepprofil. A jármű lengéseit létrehozó útprofil mindkét profiltól különbözik, ezt nevezik „ható” profilnak. A dinamikus járműlengések a talajt tömörítik, és az egyenetlenség módosul.

Szabadföldi mérések segítségével megállapították, hogy a kialakuló tolóerőre jelentős hatása van a terepprofilnak és a gerjesztett lengéseknek. A dinamikusan ható horizontális és normál igénybevételek mellett a lengéseknél keletkező mozgási energia egy részét a talaj abszorbeálja. [1]

Ezeket a vizsgálati eredményeket felhasználva két következtetés vonható le:

- a talajdeformációra felhasznált energia a slip és a gördülési ellenállás része
- a dinamikai modellek pontosításához meg kell határozni a talajok energia elnyelését fajlagos formában.

A következtetések helyességének eldöntéséhez egy adott jármű teljesítmény mérlegét kell felállítani, valamint meg kell határozni a talaj-gumiabroncs kapcsolatban létrejövő erők és elmozdulások nagyságát mindhárom tengely irányában. Ezen adatok meghatározása vontatási vizsgálat segítségével történik.[2]

A kapott eredmények alapján elkészíthető a talaj-gumiabroncs kapcsolat pontosabb eredményeket adó dinamikai modellje.

Vizsgálati módszer

A vontatási vizsgálatot különböző nedvességtartalmú és tömörségű talajon, különböző gumiabroncs légnyomás és járműtömeg esetében végezzük el. A mérések megkezdésekor jegyzőkönyvben rögzíteni kell a motor, a nyomatékvaltó, a tengelyterhelés, a kerékhajtás, és a gumiabroncs adatait. A gázkart maximális helyzetbe kell állítani. A mérőszakasz 200 m hosszú, 25 m felfutási, és 25 m kifutási szakaszokkal. A járművet valamilyen vontatmánnyal (másik jármű, mérőkocsi) terheljük, és a vonórúdba épített nyílásmérő bélyeggel mérjük a vontatáshoz szükséges erőt.

Mérjük a mérőszakasz megtételéhez szükséges időt és az erőforrás által elfogyasztott üzemanyagot. A kerekre szerelt fordulatszám-lálóval meghatározható a mérőszakaszon a kerék fordulatainak száma.

A vontatási vizsgálat elvégzése közben méréseket kell végezni a talajdeformáció háromirányú komponenseire bontásához is. A jármű áthaladása előtt és után meg kell határozni a talaj nedvességtartalmát, sűrűségét, kohézióját és belső súrlódását.

A talajdeformáció vízszintes irányú komponensét a slip (s) és az abroncs felfekvési úthossza (l) segítségével határozható meg. Ha a slip például tíz százalék, akkor az abroncs alatt lévő talajrészecske a felfekvési hossz tíz százalékának megfelelő nagyságban mozdul el, így:

$$Z_v = l \cdot s \quad [\text{m}] \quad (1).$$

Ha ezt megszorozzuk a vonóerővel (F_v) megkapjuk az elmozduláshoz szükséges munkát (W_v):

$$W_v = Z_v \cdot z \quad [\text{kJ}] \quad (2).$$

A munkából meghatározható a teljesítmény (P_v):

$$P_v = W_v / t \quad [\text{kW}] \quad (3). [3]$$

A függőleges irányú komponens meghatározása a jármű tengelyére szerelt gyorsulásmérő segítségével történik. A függőleges irányú gyorsulásokból és a tömegekből kiszámítható a függőlegesen ható erő (F_f). A profilozással meghatározott talajbesüllyedés (h_f) és két profilozó mérés közötti úthossz megtételéhez szükséges idő (t_f) alapján számítható a szükséges munka (W_f) és teljesítmény (P_f). [3]

$$W_f = F_f \cdot h_f \quad [\text{kJ}] \quad (4)$$

$$P_f = W_f / t_f \quad [\text{kW}] \quad (5)$$

A keresztirányú komponens meghatározásához szintén a tengelyre szerelt, de keresztirányú gyorsulást mérő érzékelő szükséges. A mért gyorsulásokat a Calvin-Thompson féle visszavezetési eljárással feldolgozva kiszámítható a keresztirányban megtett úthossz (h_k) és a sebesség (V_k), valamint a

tömegek ismeretében a fellépő erők (F_k). Ezen adatok ismeretében a következő képleteket alkalmazzuk a munka (W_k) és teljesítmény (P_k) számításához:

$$W_k = F_k \cdot h_k \quad [\text{kJ}] \quad (6)$$

$$P_k = W_k/t \quad [\text{kW}] \quad (7). [3]$$

A kapott eredmények segítségével kiszámítható a talaj fajlagos energia abszorpciója.

Összefoglalás

A talaj és a jármű közötti kölcsönhatás rendkívül összetett így matematikai modelljének elkészítése nehéz feladat.

A jármű és a járászerkezet értékelését elvégezhetjük úgy is, hogy a talajparamétereket és a járműjellemzőket matematikai eljárások segítségével állítjuk párhuzamba. Ezen eljárás óriási hátránya, hogy csak kohéziós talajok esetében és adott körülmények között ad elfogadható eredményeket.

A probléma megoldását mindenképpen azok a modellek fogják megadni, amelyek elméleti alapon lettek felépítve, és eredményeik jól közelítik a szabadföldi mérések eredményeit. [1]

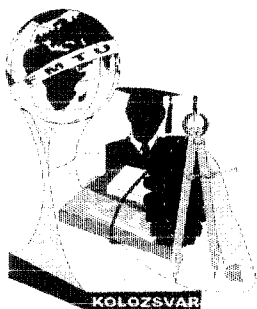
Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Kománci György – Dr. Laib Lajos: Talaj-gumiabroncs kapcsolat szimulációja
Járművek, építőipari és mezőgazdasági Gépek, 1998 május, 167-174 oldal
- [2] Prof. Dr. L. Laib: Dynamic Simulation of the Tire-Soil Interaction
Proc. 13th International of the ISTVS/Munich Germany/ 1999. Szeptember 14-17. 364-367 old.
- [3] P. Kiss, Prof. Dr. L. Laib: Determination of the Energy Absorbed by the Soil-Tire Interaction
Proc. 13th International of the ISTVS/Munich Germany/ 1999. Szeptember 14-17. 373-388 old.

Virág Zoltán

Bolyai János Katonai Műszaki Főiskola, 1456 Budapest, Pf.: 12.

Tel: +36-01-215-0350/7245, E-mail: ZVIRAG@BJKMF.HU



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

NÉHÁNY GONDOLAT A SZEMCSÉS ANYAGOK TEMÉSZETES BOLTOZÓDÁSÁNAK MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEIRŐL

Keppler István, Csizmadia Béla

Abstract

We present measurements and finite element analysis of the arching action in granular mass. The results of the finite element analysis are compared with those obtained by measurements with our experimental setup.

Bevezetés

Szemcsés anyagok mechanikai tulajdonságainak vizsgálata mindig komoly kihívást jelentett a témával foglalkozó kutatók számára. Ezek az anyagok rendelkeznek mind a folyadékokra, mind a szilárd testekre jellemző anyagtulajdonságokkal. Vizsgálataink során azonban meggyőződhetünk arról, hogy a szemcsés anyagokban lejátszódó jelenségek modellezésére a fenti két anyagmodell egyike sem elégséges. Ilyen jelenség például a szemcsés anyagok természetes boltozódása, mellyel a mezőgazdaságban, bányászatban, építőiparban találkozhatunk.

Nemzetközi kutatási eredmények

A témával foglalkozó kutatók a jelenség számos részletének modellezésére tettek kísérletet. Az eddig elért eredmények biztatóak, azt azonban nem mondhatjuk, hogy a jelenséget kellő, a gyakorlat számára is elfogadható pontossággal leírják.

A legnagyobb kihívást kétségkívül a megfelelő anyagmodell megalkotása jelenti. A kontinuum mechanikában általában alkalmazott homogén lineáris anyagmodell (amint ezt kísérleti vizsgálataink alátámasztják) a természetes boltozódás jelenségének modellezésére változtatások nélkül nem alkalmazható.

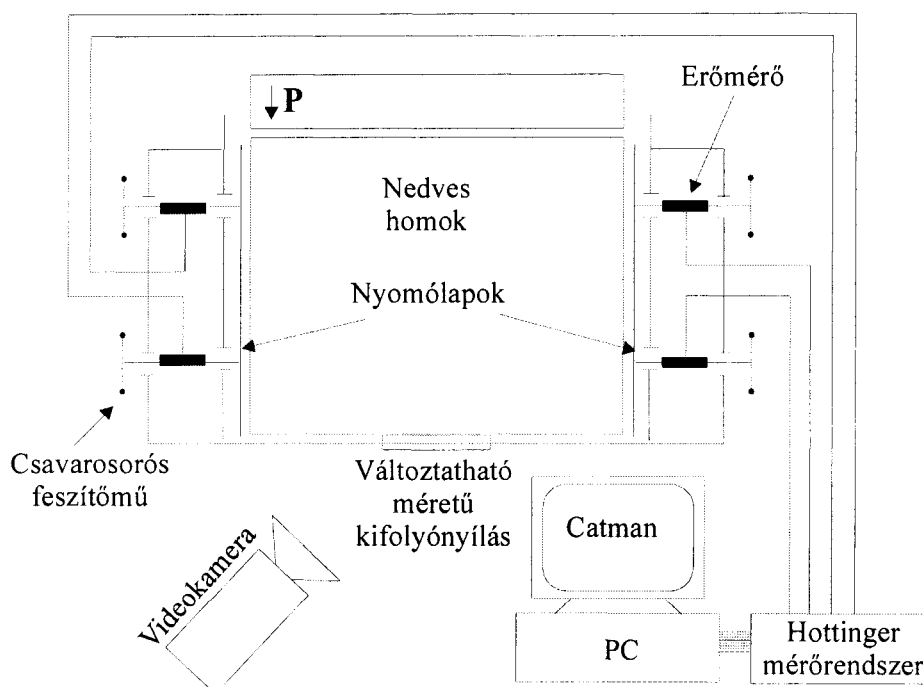
A szakirodalmi források a boltozat alakjára vonatkozó feltételezésekben is különböző megfontolásokból indulnak ki. Egy részük szerint a kialakuló boltozat alakja körívvel, mások szerint parabolával közelíthető. Az általunk végzett kísérletek azt mutatják, hogy a szemcsés anyagokban kialakuló természetes boltozatok alakja parabolával megfelelő pontossággal közelíthető.

Kísérleti vizsgálataink mutatták meg azt is, hogy a szakirodalmi források által alkalmazott természetes boltozat definíció pontosításra szorul.

A szakirodalmi források a természetes boltozatok összeomlásának folyamatával kapcsolatos kérdésben sem képviselnek egységes álláspontot. Egyes szerzők szerint a boltozat tönkremenetele a boltív tetőpontjában keletkező repedések hatására következik be, míg mások szerint ezek a repedések a boltozat talppontjából indulnak ki.

Kísérleti vizsgálataink

A Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karának Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszékén kialakított boltozatvizsgáló berendezés vázlata látható a következő ábrán:



1. ábra: A kísérleti összeállítás

Vizsgálataink során nedves homokot terhelünk különböző nagyságú felső és oldalsó nyomással. A terhelés felvitele után az alsó nyílás méretét fokozatosan növeltük addig, míg az első természetes boltozat ki nem alakult. A kialakulás folyamatát videokamera segítségével rögzítettük. Ezután a nyílást tovább növeltük, míg a boltozat össze nem omlott. Az összeomlás folyamatát is rögzítettük.

A videofelvételek elemzésével sikerült néhány fontos megállapítást tennünk. Bebizonyosodott, hogy a természetes boltozatok mindig a nyílás feletti rész közepéből induló repedések hatására alakulnak ki. A keletkező boltívek a külső zavaró hatásokkal szemben meglehetősen stabilnak mutatkoztak. Az

összeomlást előidéző repedések viszont mindig a boltívek talppontjából indultak ki, és ezek hatására egymás után több, rövid ideig öntartó boltozat alakult ki, majd egy kritikus mérethatár elérése után az egész anyaghalmoz összeomlott.

A boltozat alakjával kapcsolatos vizsgálataink azt mutatják, hogy a boltív parabolával jobban közelíthető. Az alak pedig nem függ a felső és az oldalsó terhelés arányától. Az anyagtulajdonságok pontosabb leírására bilineáris modellt alkalmaztunk.

Számításaink

Végeselem módszerrel is megpróbáltuk követni a természetes boltozatok kialakulásának, majd összeomlásának folyamatát. Első közelítésként lineárisan rugalmas, homogén anyagmodellt alkalmaztunk, sík alakváltozási állapotot feltételezve.

Számításaink során elsőként egy téglalapalakú, önsúlyos, síkjában terhelt mezőben kialakított, kisméretű, lekerekített oldalú nyílás körüli feszültségmezőt vizsgáltunk. A harmadik főfeszültségi vektormező kirajzolásakor azt tapasztaltuk, hogy ez a vektormező a kezdeti függőleges iránytól a nyílás környezetében nagymértékben elhajlik, és a nyílás felett mintegy követi a mérések során kialakult boltívek alakját. A nyílás középvonalán felfelé haladva a feszültség húzásból nyomásba megy át. A kezdetben kialakuló boltozat feltehetően a húzásból nyomásba való átmenet határáig szakad fel. Különböző terhelési arányok mellett a zavart zóna (a függőlegestől eltérő irányú főfeszültségi vektorok tartománya) szélessége változik. A felső és oldalsó terhelés hányadosának növekedésével a zavart zóna/résméret hányados értéke nőtt. Ha ezt összevetjük azzal a tapasztalatunkkal, hogy a természetes boltozat annál kevésbé volt érzékeny a külső zavarokra, minél nagyobb volt a felső terhelés/oldalsó terhelés arány, akkor azt mondhatjuk, hogy a végeselem módszerrel követhető zavart zóna méret/résméret arány egy, a boltozat stabilitására jellemző számként fogható fel.

A végeselem módszert megpróbáltuk egy már kialakult boltozat körüli feszültségállapot modellezésére is alkalmazni. Ekkor a mérési eredményeinknek megfelelő magasság/szélesség arányú, parabola alakú nyílást helyeztünk az előbbi téglalap mezőbe. A boltozat csúcspontjának környezetében közelítőleg nullát kaptunk a harmadik főfeszültség értékére. Azt is tapasztaltuk, hogy ezen feszültség nagysága a boltív pereme mentén annak talpzata felé haladva jelentősen nő.

Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a végeselemes modell ebben a formájában az alak, valamint a stabilitási jellemzők meghatározására alkalmazható, a feszültségállapot vizsgálatára azonban nem. Ennek oka az, hogy a szemcsés anyag a boltív peremén kéttengelyű feszültségállapotban van, és ilyenkor a modell szerint fellépő feszültségek elviselésére nem képes.

Ezért szükségesnek látszik néhány javítást eszközölni az általunk és a szakirodalom által használt modellen. A modell létrehozásánál figyelembe kell vennünk:

- az anyag homogén eloszlású, de a tönkremeneteli feltétel a feszültségállapot függvénye;
- az anyagtulajdonságok változnak a feszültségállapot függvényében: az anyag bilineáris modellel írható le

Következtetéseink

1. Természetes boltozatok jellemzésére alkalmazható vizsgálati paraméterek: a boltozati magasság és szélesség aránya, a maximális boltozat-szélesség, a maximális redukált feszültség és a zavart zóna szélességének és a résméretnek a hányadosa.
2. A vizsgálati paraméterek változására hatással lévő legfontosabb faktorok: felső és oldalsó terhelés hányadosa, kéttengelyű feszültségállapothoz tartozó törési feszültség, kohézió, belső súrlódási szög, háromtengelyű feszültségállapothoz tartozó törési feszültség, bilineáris anyagmodellre vonatkozó modulusok.
3. A boltozat a nyílás felett közepén induló repedések hatására alakul ki.
4. A boltozat alakja parabolával közelíthető.
5. A boltozat a talppontból kiinduló repedések hatására megy tönkre.
6. Természetes boltozatnak nevezhetjük a szemcsés halmazban kialakult üreg felett keletkezett azon ívet, amely mentén és amely fölött az anyagban tangenciális nyomófeszültségek keletkeznek. Ez a nyomófeszültség megzavarja a halmazban eredetileg létező feszültségállapotot. Ezt a zavart zónát a természetes boltozat vastagságának nevezhetjük.
7. A boltozat stabilitására jellemző tényező a zavart zóna és a résméret hányadosa.

Irodalom:

1. Drescher, A.J. Waters, C.A. Rhoades: Arching in hoppers I.-II. Powder Technology. 84 (1995) 165-176.
2. T. Karlsson, M. Klisinski, K. Runesson: Finite element simulation of granular material flow in plane silos with complicated geometry. Powder Technology 99 (1998) 29-39.

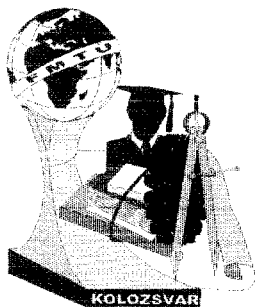
Keppler István Ph.D. hallgató

Dr. M Csizmadia Béla

Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar,
Mechanika és Műszaki ábrázolás Tanszék

06 28 522 042, keppeler@mect.gau.hu

06 28 522 042, csizmadia@mect.gau.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Az optimális erőgéppark szerkezetének elvi kialakítása a szántóföldi növénytermesztésben

Magó László Ph.D. hallgató

Summary

Computer age grants unlimited opportunities to design optimal agricultural machinery park. Considering this opportunity I have elaborated a decision supporting computing procedure based on a mathematical model. This model helps us planing optimal machinery park to combine different land sizes, different plants to be produced and different power machines. At the same time the computing procedure is suitable for monitoring the external effects of plant cultivation mechanisation.

I have the pleasure to present in this paper the usage of this mathematical method.

1. Bevezetés

A gazdaságilag hatékony szántóföldi növénytermesztés egyik fontos előfeltétele a jól kialakított mezőgazdasági géppark. A gazdálkodók számára ma már nem minden esetben a maximális hozam elérése az elsődleges szempont, sokkal inkább a munkafeladatok gazdaságos, hatékony elvégzést helyezik a figyelem középpontjába.

A géphasználat költsége a termelés költségének kétharmadát is elérheti. (Bailey, 1996 [2], Gockler, 1999 [3]). Ebből kifolyólag törekednünk kell arra, hogy gazdaságilag optimális gépparkot használjunk munkafeladataink elvégzésére.

Célom, hogy a különböző erőgépcsaládok esetében a különböző birtokméretek függvényében határozzam meg azt az optimális gépparkot, mely az adott agrotechnikai feltételeknek megfelel, miközben legkisebb géphasználati költséggel végzi el a termeléstechológia összes műveletét.

Az optimális mezőgazdasági géppark kialakítás már a '70-es évektől foglalkoztatja, mind a hazai, mind pedig a külföldi szakembereket. Nemzetközi viszonylatban megemlíthető Malinnikov A. E., Sagovnović A., Kubaš P., Wissing P. tevékenysége. A hazai kutatók közül Acsay F., Csáki Cs., Husti I., Varga Gy. munkássága volt úttörő jellegű.

2. A tervezési eljárás-rendszer bemutatása

Létrehoztam egy általános vetéstervet, melyben az egyes növényi kultúrák vetésterületét az össztermőterület arányában adom meg. (1. táblázat)

1. táblázat: Az alkalmazott növényfajok %-os aránya a vetéstervben

őszi árpa	5 %
tavaszi árpa	5 %
őszi buza	20 %
napraforgó	10 %
kukorica	25 %
silókukorica	10 %
cukorrépa	10 %
olajrepce	10 %
lucerna	5 %
Összesen:	100 %

Ezt követi öt gépgyártó cég erőgéptípusainak meghatározása, úgy hogy azok illeszkedjenek az előre meghatározott teljesítménycategória szerinti besorolásba. Ezenkívül a szállítási-, valamint a betakarítási-feladatok elvégzésére is kiválasztom a meghatározott funkciójú erőgépeket. Ily módon öt különböző gépcs család erőgépei esetében elvégzem az optimális géppark kialakítást, összehasonlítva az egyes gépcs családoknál a különböző birtokméretek esetében kialakuló géppark-összetételt.

2. táblázat: Az alkalmazott erőgépcs családok erőgépkategóriáinként kiválasztott géptípusai

(FVM MI, 1999)

Erőgépcs család:	JOHN DEERE	MASSEY FERGUSON	MTZ-bázisú	NEW HOLLAND	Zetor-bázisú
Traktorok:					
1. 0-60 kW	J D 6110	M F 4235	MTZ 82	N H TL 75	ZETOR 7340.2
2. 60-100 kW	J D 6410	M F 4270	MTZ 1025	N H 110-90 DT	ZETOR 11641.1
3. 100-140 kW	J D 7710	M F 8140-4	T 150 K	N H M 160 DT	ZETOR 162.45
4. 140-200 kW	J D 8400	M F 9240-4	K 701 M	N H G 240 DT	RÁBA 250
Szállító járművek					
5.	Mercedes-Benz 1820 AK	Renault M 210.15 D	KAMAZ 5511.3	Renault M 210.15 D	RÁBA K.19.188
Önjáró betakarítógépek					
6. Cukorrépa betakarító	KLEINE SF-10 6s	MOREAU Lectra 4005 6s	MOREAU Lectra 4005 6s	BARIGELLI B/2-4×4 6s	MOREAU Lectra 4005 6s
7. Járvaszecsikázó	J D 6750	CLAAS Jaguar 840	CLAAS Jaguar 840	N H FX 375	CLAAS Jaguar 840
8. Gabona arató-cséplő	J D 2256	M F 34	DON 1500	N H TX 62	CLAAS D MEGA 204

A gépek típusai mellett a termeléstéchnológiai feltételeket és az erő- és munkagéphasználat műszaki-ökonomiai jellemzőit kell meghatározni. A géphasználati költségek esetében külön figyelmet kell fordítani egyes költségek idő-, illetve teljesítmény-arányos felmerülésére.

Az optimalizálási eljárás a *lineáris programozás* elvén alapul. A számítások a ma már „széria-tartozék”-nak számító *Excel 7.0* programcsomag felhasználásával végezhetők el. E munkafelület segítségével kialakítottam egy tervezési eljárás-rendszert, mely által minden egyes erőgépcs család esetében bármely birtokmérethe viszonylag könnyen megkapom az optimális erőgépparkot.

3. A vizsgálat folyamán kapott eredmények

Meghatározom minden egyes birtokméret és gépcsálád esetében a havonkénti erőgépigényt, és ezt követően az adott esetben ajánlható optimális gépparkot. Ennek a folyamatnak eredményeként a különböző gépcsáládoknál a birtokméret függvényében kialakult az optimális erőgéppark eloszlás, az egyes erőgépkategóriákból igényelt erőgépek darabszáma szerint.

A 100 hektár termőterületű gazdaság számára csupán 1 darab 2-es teljesítménykategóriába tartozó erőgép elegendő a szükséges munkafeladatok ellátására. A 300 hektáros birtokméret esetén már egy 2-es és egy 3-as teljesítménykategóriába tartozó erőgép és egy arató-cséplő betakarítógép szükséges. Ötszáz és ezer hektár birtokméret esetén tovább növekszik az „aktív” teljesítménykategóriák száma, hiszen ekkor már az 1-es 4-es és 5-ös erőgépkategóriák is hozzájárulnak az adott birtokméret optimális erőgépparkjának kialakításához. A betakarítógépek teljes skálájára csupán 3000 hektár és afeletti birtokméret esetén van szükség. Ez az a birtokméret, amelynél már ökonómiailag megfelelő szinten tartható az összes betakarítógép éves műszakóra-teljesítése. Háromezer hektár birtokméret esetén érjük el azt a szintet, ahol már megfigyelhetjük az egyes teljesítménykategóriákból igényelt erőgépmennyiségek eloszlásának arányát. Az erőgépcsáládok többségére jellemző, hogy az 1-es teljesítménykategóriákból igényelt darabszámot a 2-es erőgépkategória magasabb darabszáma követi, a 3-as és 4-es erőgépkategóriából igényelt darabszám pedig az előző két teljesítménykategóriából igényelt darabszám között helyezkedik el. Legnagyobb darabszám a szállítójárműből szükséges, ezt követi a speciális betakarítógépek alacsony darabszámigénye, majd a sort az arató-cséplő gépek – a traktorokat tartalmazó erőgépkategóriákhoz hasonlítható – igen magas darabszáma zárja.

Ezt követően konkrét értékeket kapok növekvő birtokméret esetén a különböző gépcsáládok optimális gépparkjának erőgép-használati költségéről. (3. táblázat)

3. táblázat: A különböző erőgépcsáládok optimális gépparkjának erőgéphasználati költsége, a birtokméretek függvényében /Mft/év/

Birtokméret	100 ha	300 ha	500 ha	1000 ha	3000 ha	5000 ha	10000 ha
Erőgépcsálád							
John Deere	3,98	15,49	26,29	45,40	130,20	203,47	420,33
Massey Ferguson	3,83	14,63	24,23	40,85	122,08	187,16	386,34
MTZ-bázisú	2,73	10,28	17,39	32,31	100,19	157,07	320,39
New Holland	3,60	14,38	24,29	41,01	120,63	186,56	384,74
Zetor-bázisú	3,47	14,14	22,94	38,12	116,13	178,32	365,58

Megfigyelhető, hogy a géphasználati költségek a birtokméret függvényében enyhén exponenciálisan növekednek.

A géphasználati költségek terén a legmagasabb értéket a John Deere erőgéppark szolgáltatja, ezt követi a Massey Ferguson-, a New Holland- és a Zetor-bázisú erőgéppark, míg a sort a legkisebb géphasználati költséggel rendelkező erőgéppark, az MTZ-bázisú zárja.

Minden egyes számítás eredményeként megkapom az adott optimális erőgéppark gépegységeinek éves ledolgozott műszakóraszámát.

A kiválasztott erőgépkategóriák erőgépeinél a közép-kelet-európai gazdálkodást jellemző műszakóra teljesítési szintet – egyes erőgépkategóriáknál ettől magasabb értéket – sikerült elérni. (Gockler-Hajdú-Lakatos, 1999 [3]) A birtokméret függvényében kialakult műszakóra-teljesítésről elmondható, hogy az a traktorok esetében ezer-, a betakarítógépeknél pedig háromezer hektár értékig növekszik, 3000 hektár felett pedig állandó érték körül ingadozik. A szállító és betakarító járművek ledolgozott műszakóraszámja a speciális felhasználási jelleg miatt nem minden esetben vesz fel magas értéket.

4. Következtetések

Megállapítható, hogy a birtokméretek befolyásolják az optimális géppark összetételét, és a birtokméret növekedésével a különböző teljesítménycategóriákból igényelt erőgépmennyiségek egymáshoz viszonyított aránya kismértékben, de módosul.

Kisebb birtokméretnél csupán néhány erőgépkategóriába tartozó erőgép beszerzése és művelésbe állítása a gazdaságos. Ezer hektár körüli birtokméret esetén indokolt az összes teljesítménycategóriába tartozó erőgép, 3000 hektár birtokméret körül pedig indokolt az összes funkciójú betakarítógép beszerzése és üzemeltetése. Mindez a géphasználati költségek birtokméret szerinti növekedésében is megmutatkozik.

A leginkább sokoldalúaknak és legjobban igénybevett erőgépeknek a 2-es teljesítménycategóriába tartozó mintegy 80 kW (110 LE) teljesítményű erőgépek bizonyulnak. Ezen erőgépekből szükségeltetik a legtöbb darabszám, és az éves műszakóra-teljesítésük is igen magas értéket mutat.

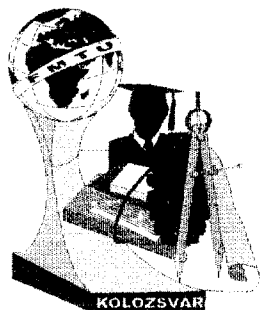
5. References:

1. Acsay F. - Csáki Cs. - Varga Gy. (1973) "A vállalati géppark és géphasználat matematikai tervezése", Akadémiai Kiadó, Budapest.
2. Bailey J. (1996) "Introduction to Arable Costing", Väderstad, UK.
3. Gockler L.-Hajdú J.-Lakatos I.-né. (1999) "Mezőgazdasági gépek ára és üzemeltetési költsége 1999-ben", Mezőgazdasági Gépüzemeltetés 1999. 1. sz., FVM Műszaki Intézet, Gödöllő.
4. Husti I.: (1995) "Termelőberendezések kihasználásának alapkérdései a mezőgazdaságban", Akadémiai Kiadó.
5. Magó L. - Husti I. (1998) "A növénytermesztő gazdaságok optimális gépparkjának kialakítása", Gazdálkodás, XLII. évfolyam 6. szám, p. 56-65.
6. Sagovnović A. (1974) "Géppark-kialakítás és géphasználat-tervezés módszereinek alkalmazásánál felmerülő nehézségek", Univerzitet u Beogradu, Zbornih Radova Poljoprivrednog Fakulteta, Beograd.
7. Wissing P. (1986) "Az optimális géppark kapacitás meghatározása a növénytermesztés területén", Kooperation, Berlin.

Magó László

GATE, Műszaki Gazdaságtani Tanszék, 2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Tel.: 28 – 522 – 044, Fax.: 28 – 522 – 000/1442, E-mail: mago.mugt.mgk@mgk.gau.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

NEM-IONIZÁLÓ ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁS SZEMÉLYSPECIFIKUS MÉRÉSE

JOÓ ERVIN, SZÁSZ ANDRÁS

ABSTRACT: In recent years, research into biological and medical effects of non-ionizing radiation (NIR) has expanded greatly. NIR is electromagnetic radiation and field having frequencies from 0 Hz to $3 \cdot 10^{15}$ Hz. These fields are affecting our every day life: they are emitted by power lines, transformers, service wires, and electrical panels as well as by home appliances (such as electric blankets, waterbeds, clocks, shavers, televisions, etc.). Electricity has been used, to great advantage, for 100 years without society being aware of any adverse health effect, other than thermal injury and electrocution. Last 50 years, there was an exponential growth of man-made electromagnetic (EM) fields. There is still no clear answer to the question: can exposure to electric and magnetic fields (called electrosmog) resulting from the production, distribution, and use of electricity promote cancer or initiate other health problems? There are guidelines all over the world to set limits to exposure to EM fields. But these limits leave the personal properties of electrosmog out of consideration. This paper describes the importance of a proper personal electrosmog measurement and dosimeter.

Key words: non-ionizing radiation, electrosmog, personal electrosmog dosimeter

Probléma felvetése

A természetben lévő elektromos, mágneses és elektromágneses tér anyaggal való kölcsönhatásának nagy szerepe lehetett az élet kialakulásában. (Ld. pl. Oparin kísérleteit [12], melyben szikrakisülés segítségével szervetlen anyagokból szerveset hozott létre.) Annak ellenére, hogy az elektromágneses tér és a biológiai objektum kölcsönhatását már régen tanulmányozzák, a kölcsönhatás mechanizmusát még sok vonatkozásban nem ismerjük. Az utóbbi 20 évben a rádiófrekvenciás és mikrohullámú sugárzások közvetlen biológiai hatásának vizsgálata egyre szélesebb körű lett [1]-[5], [7], [9]-[14]. A vizsgálatok célja, hogy elősegítse az elektromágneses sugárzás és az élő rendszer közötti kölcsönhatás-mechanizmusának megértését, és felderítse az emberi egészségre ártalmas, vagy hasznos esetleges hatásokat.

Kezdetben a radarok és a rádióadó-berendezések által kisugárzott elektromágneses (EM) terek hőhatásait vizsgálták, melyekkel párhuzamosan megindultak a sugárzás orvosi (fizikoterápiás, majd hypertermiás hatás [1], [10], [11], [12]) alkalmazhatóságával kapcsolatos kísérletek is. Nagyszámú klinikai és epidemiológiai tanulmány [2], [3], [4], [5], [10], [11], [14] azt állítja, hogy a nem-ionizáló sugárzás bizonyos frekvenciákon és intenzitásoknál káros biológiai hatásokat okoz, és rizikófaktor jelenthet a gyermekkori leukémiánál, valamint egyes foglalkozási megbetegedéseknél. Ezeket a sugárzásokat nevezik elektroszmognak. Folyamatos kutatás folyik az elektroszmog makroszkopikus szintű kölcsönhatásainak leírására (relaxációs folyamatokra, a szövetek permittivitásának és vezetőképességének meghatározására) és bevezették a nem ionizáló sugárzások dozimetriáját is. Jelentős szemléletváltás következett be a nem-ionizáló elektromágneses sugárzás nem termikus hatásainak vizsgálata során is. A probléma jelentőségét tükrözi, hogy már több mint fél évszázada foglalkoztatja a tudósokat, és eredményezett több száz publikációt már a 40-es évekre, valamint jelenleg is számos világszervezetet indított el a témával foglalkozó kutatási programot, mint pl.:

- World Health Organization (WHO) 1996- ban 5 éves programot indított el.(The International Electromagnetic Fields Project),
- National Institutes of Health, National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), U.S. Department of Energy (DOE) 1992-ben 7 éves programot indított. (Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination Program [EMF-RAPID Program])
- European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST) EU program 1992-ben indult (Biomedical Effects of Electromagnetic Fields),
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Szabványokat és ajánlásokat fogalmazott meg munkahelyi és azon kívüli szennyezésre,
- European Committee for Electrotechnical Standardisation (CELENEC),
- Az egész világon bevezették az elektromágneses kompatibilitási (EMC) szabványokat, melyek úgy a készülék által kibocsátott, mint a készülékre ható nem-ionizáló sugárzások határait jelölik ki.

Mérhetőség

A nem-ionizáló elektromágneses sugárzás és tér jellemzésére három vektortér: az elektromos térerősség (E [V/m]), a mágneses térerősség (H [A/m]), valamint a kettő vektorszorzata a Poynting vektor (S [W/m²]) használatos. Ezek a távotérben (akkor, ha a forrás és a vevő távolsága jóval nagyobb az elektromágneses sugárzás hullámhosszánál) egymásba átszámíthatóak (1).

$$|\vec{S}| = E \cdot H = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot E \cdot B = \frac{c}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot B^2 = c \cdot B \cdot H = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot c} \cdot E^2 \quad (1)$$

Az abszorbeált dózisra a Specific Absorption Rate (SAR [W/kg, W/g]) fogalmát használják. A SAR az egységnyi tömegben elnyelt teljesítmény nagyságát adja meg (2).

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho(dV)} \right) \quad (2)$$

Ahol W az elnyelt energia, ρ anyagsűrűség, dV egységnyi tömeg. Időbeli integrálja (6 perc) az SA (Specific Absorption [J/kg, mJ/kg]) választ ad az egységnyi tömegben elnyert energia mértékére. A SAR bevezetésével újabb szabványok és ajánlások születtek, pl. a NCRP (National Council on Radiation Protection), valamint az ANSI (American National Standard Institute) ajánlásai. Bevezették a lokálisan megengedhető max. SAR értéket, amely kontrollált környezetben 8 mW/g, kontrollálatlanban pedig 1.6 mW/g. Ez alapján határozták meg a teljesítménysűrűség határértékeket [6], [8], [13]. Az aktuális magyar szabvány az MSZ 16260-86 pl. ennél sokkal szigorúbb, mivel pl. a mobil hírközlő rendszerek frekvenciáin egy nagyságrenddel kisebb értékeket enged meg [13].

Személy-specifikus elektroszmog

Mind az ANSI, mind az NCRP ajánlásában nyomon követhető, a legalacsonyabb határértékek 70 MHz-300MHz tartományban vannak. A legalacsonyabb terhelhetőség tehát azokon a frekvenciákon van, amely összevethető az emberi testméretekkel, vagyis azokon a hullámhosszokon, melyeken az emberi test a legtöbb energiát képes Herz-dipólként abszorbeálni. A nem-ionizáló elektromágneses sugárzások személyspecifikussága azért alapvető, mert az emberi test geometriai méretei, dielektromos tulajdonságai (pl. aktuális víztartalma, csontozata, stb.), ruházata (pl. fémláncok, fém-szíjak, stb.) szintén meghatározzák az adott helyzetben abszorbeált terek hatásait. Így tehát két ugyanazzal az elektromágneses térrel exponált személy más frekvenciákat fog az adott objektív spektrumból kiválasztani.

Különösen fontos ez a rádiólokátorok kezelőszemélyzete számára, mert ők fokozottan ki vannak téve az elektromágneses sugárzás hatásainak. 1998-ban méréseket végeztem a Magyar Honvédség egyik lokátorállomásán, ahol a mérések kiértékelése után nyilvánvalóvá vált, hogy a szabványokban megengedett határértékek betartására nagyobb gondot kell fordítani az egyes munkahelyeken.

Mivel a fent említettek alapján az elektroszmog perszonálisan jelentkezik, az adott nem-ionizáló sugárterhelés nem mindenkre azonosan veszélyes. Ezért arra a következtetésre jutottam, hogy a személyzet számára fontos volna egy személyspecifikus dózismérő kifejlesztése. Ezt a feltételezést az is alátámasztja, hogy az egyéb védelem (pl. védőruha használata) az adott körülmények között lehet-

len. A mérés újdonságát az adja, hogy a mérő személyt az antenna része, így a szélessávú detektálás alapvetően a kérdéses személy abszorpció és rezonáns tulajdonságai által van meghatározva.

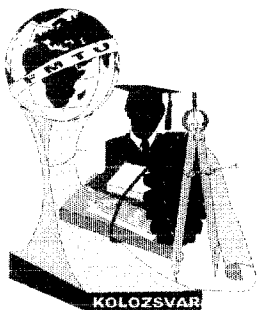
Irodalomjegyzék

- [1] **Andrei G. Pakhomov, Yahya Akyel, Olga N. Pakhomova, Buce E. Stuck, Michael R. Murphy** *Current State and Implications of Research on Biological Effects of Millimeter Waves*, Wiley-Liss, Inc., Bioelectromagnetics, 19:393- 413, 1998.
- [2] **Granger Morgan** *A villamos áram elektromos és mágneses erőterei: mit tudunk ezek lehetséges egészségkárosító hatásairól*, ÁNTSZ Tolna Megyei Intézete, Szekszárd 1994, 13-17.p.
- [3] **Keneth Olden** *NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields*, US. National Institutes of Health, Research Triangle Park, 1999, 9.p.
- [4] **Michael H. Repacholi** *Low-Level Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields*, Wiley-Liss, Inc., Bioelectromagnetics 19:1, 1998.
- [5] **Michael H. Repacholi, B. Greenebaum** *Interaction of Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields With Living Systems: Health Effects and Research Needs*, Wiley-Liss, Inc., Bioelectromagnetics 20:133-160, 1999.
- [6] **Petersen R.C.** *Radiofrequency/Microwave Protection Guides*, Pergamon Press, Health Physics, Vol.61, No. 1 (July) pp. 59-67, 1991
- [7] **Petrasovits Imre** *A nagyfeszültségű elektromágneses terek mezőgazdasági környezeti hatásairól*, Tanulmány, Gödöllői Agrártudományi Egyetem, 1994, 2-5.p
- [8] **Szabó László**: *Standards and guidelines on protection against non-ionizing radiation*, Protection against Non-ionizing radiation, 266-285 1995; 1(3).,
- [9] **Szalay-Ringler**: *Biofizika*, Tankönyvkiadó, Bp 1986, 25-55.p., 125-148.p.
- [10] **Szász András**: *Az elektroszmog élettani hatásai*, (kézirat) Gödöllő 1997, 1-25.p.
- [11] **Szász András**: *Biofizika*, (előadássorozat a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen) Gödöllő 1998,
- [12] **Tarján Imre, Rontó Györgyi**: *A biofizika alapjai*, Medicina könyvkiadó, Bp, 1987, 253-255p.
- [13] **Thuróczy György** *Az elektromágneses terek biológiai hatásai I.*, Magyar Távközlés, Bp., 1996/9, 50-56.p.
- [14] **Thuróczy György** *Az elektromágneses terek biológiai hatásai II.*, Magyar Távközlés, Bp., 1996/11, 21-28.p.

Joó Ervin, főiskolai adjunktus

ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, 1456, Budapest, Üllői út 133-135., pf.:12.

Tel: 36-1-2150-350/7245mellék, E-mail: ejoo@bjkmf.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A HŐDEFORMÁLÓ HATÁSA ÉS EGYÉBB PROBLÉMÁK A MIKRON PONTOSSÁGÚ GYÁRTÁS SORÁN

Dr. Mészáros Imre, Sátori Szabolcs

Summary

This close regarding the heat deformation is an example for, that during ultraprecision machining the environmental effects as well as during the cutting procedure arising heat and forces must be eminently considered. The introduction contemporaneously calls the attention to the importance of the modelling and measuring on the machine.

The models applied for conventional cutting often contain negligences, so the accuracy and scattering of the given results are not suitable for the requested quality and accuracy of ultraprecision cutting. Therefore the models for conventional cutting must be rebuilt for ultraprecision cutting. Exact models must be developed.

The measuring on the machine is significant if the allowance is given more cut is impossible. It usually occurs when the final dimension is given and the tolerance range is restricted ($1-2\ \mu\text{m}$). The measuring on the machine has a lot of conditions, which make ultraprecision machining more difficult and expensive.

Megoldandó problémák

Ultrapreciziós alkatrészek gyártásakor az előírt méret-, alakpontosság, felületi érdesség mikrométer alatti tartományban van, így a megmunkálás jóságát sokkal több tényező befolyásolja, mint hagyományos forgácsoláskor.

A helyiségben a hőmérsékletet megegyezés szerint 20 fokon kell tartani, valamint a precíz gyártás akkor garantálható, ha az egész gép is üzemi hőmérsékletű a megmunkálás alatt. Ha ugyanis a gép különböző részei más-más hőmérsékletűek, akkor a különböző mértékű hőtágulás miatt a mérőrendszer által mért távolság nem egyezik meg a szánok elmozdulásával. Ugyanez igaz a mérőgépek alkalmazásakor is.

Gyémánt éllel történő forgácsoláskor az él alakhibája közvetlenül kihat a forgácsolt felület alakhibájára.

A befogás, a megmunkálás stabilitása számos probléma okozója. A munkadarab geometriája (változó falvastagsága) gyakori hibaokozó, figyelmen kívül hagyása gyakran selejtes gyártást eredményez. A munkadarabot rögzítő erők nagysága akkora lehet, hogy az általuk okozott méret vagy alakhiba nagysága kisebb legyen, mint az előírt tűrésmező nagysága. A munkadarabok változó falvastagsága miatt esetenként speciális befogó készülék alkalmazása szükséges.

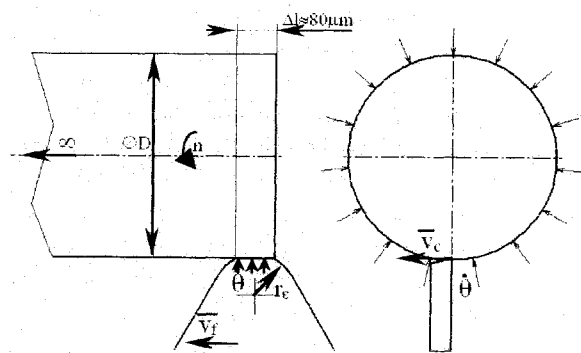
Egy példa a befogással szemben támasztott követelményekre

A feladat egy speciális, MMC anyagból készített dugattyú gyártása volt. Az előgyártmányt porkohászati úton előállított rúdból darabolt pogácsából, hátrafolyatással készítették. A kész alkatrészen a külső palástfelület előírt tűrésmezeje $3\mu\text{m}$ szélességű. Az előgyártmány hossza nem tette lehetővé a paláston való megfogást, tehát csak a folyató tüske által kialakított üreg felületén, azaz nyers bázison, egy speciális készülékkel, rugalmas szorítással lehetett rögzíteni a darabot. Az első esetben elkészített befogó készülékkel esztergált dugattyú palástjának átmérője a gépen, a tükére felhúzva pontosan a tűrésmező közepén helyezkedett el. A tükéről lehúzva azonban a palástfelületen kör alakhibát mértünk. A készülék rugalmasan deformálta a darabot, emiatt a munkadarab legkisebb átmérője a gépen mért mérethez képest $4\mu\text{m}$ -rel kisebb volt, ami már az előírt tűrésmezőn kívül esett. Ezt a hibát a felfogó készülék módosításával lehetett kiküszöbölni.

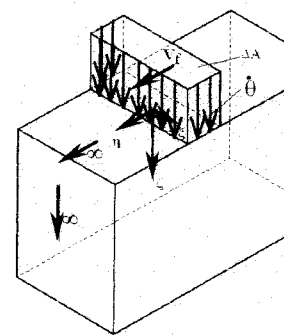
A megmunkálás során keletkező hődeformáció modellezése

A forgácsoláskor keletkező hő egy része a munkadarabba jut. A munkadarab hőmérsékletének változása, növekedése hőtáguláshoz vezet, ami tovább növeli a munkadarab alakhibáját, hengeres darab esztergalásakor az alakhibával együtt mérethiba is jelentkezik.

A szerszám éle ultraprecíziós finomesztergaláskor általában r_e csúcssugár egy szakaszán érintkezik a munkadarabbal. Acél esztergalásakor a kezdeti bekopás után az érintkező szakasz jelentősen megnövekedik. Egy átlagos $r_e=0.8\text{ mm}$ csúcssugarú szerszám esetén $1\mu\text{m}$ sugárirányú kopás feltételezésekor az érintkező szakasz $80\mu\text{m}$ hosszú lesz. Figyelembe véve az előtolás nagyságát ($5\div 20\mu\text{m}$) a munkadarab $(4\div 16)$ -szor körbefordul, amíg a szerszám egy pont fölött elhalad. A bevitt munka részben alakváltozásra, részben pedig súrlódásra fordítódik, amely végső soron hővé alakul. A hőenergia egy része a munkadarab felületét melegíti. Az elmondottakat az 1. ábra szemlélteti.



1/a kinematikai viszonyok



1/b helyettesítő modell

1. ábra Az ultraprecíziós finomesztergalás hőbeviteli modellje

Az 1/a ábrán látható modell helyettesíthető az 1/b ábrán látható egyszerűsítő modellel. [1]

Az 1/b ábrán kétirányban végtelen test felületén v_f előtolási sebességgel halad a ΔA felületre kiterjedő hőforrás. A modell alapján felírható a hőterjedés általános differenciál egyenlete (Fourier-egyenlet):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) \quad (1.)$$

ahol $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$ a hőmérsékletvezetési tényező

λ - hővezetőképesség $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

ρ - sűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

c - fajhő $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$

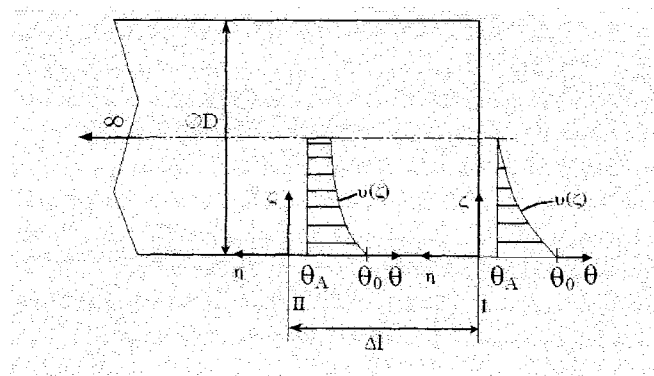
Feltételezve, hogy a munkadarab a környezeti hőmérsékleten van a forgácsolás megkezdésekor ($t = 0$), és a forgácsolás alatt ($t > 0$) a felületi hőmérséklet ($\zeta \neq 0$) $\theta_0 > \theta_A$

Az egyenlet egydimenziós megoldása ζ irányban, azaz a felületre merőleges irányban:

$$\theta(\zeta, t) = (\theta_0 - \theta_A) \left(1 - \operatorname{erf} \frac{\zeta}{2\sqrt{a \cdot t}} \right) + \theta_A \quad (2.),$$

ahol $\operatorname{erf}(x)$ a hibafüggvény.

Az η irányba haladó hőforrás $t > 0$ időpillanatban a hővezetés miatt már „előmelegített” anyagot melegít, így a felmelegedett zóna egyre szélesebb lesz. A hőmérsékletviszonyokat $t > 0$ idő, azaz Δl előtolási úthossz után a 2. ábra mutatja.



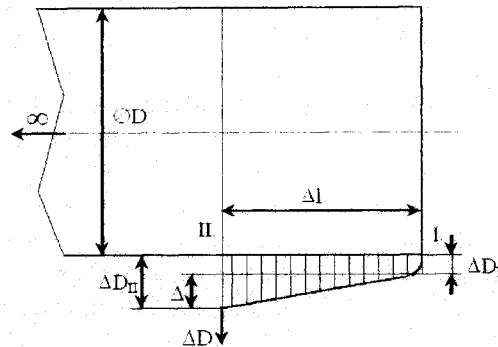
2.ábra Hőmérsékleteloszlás sematikus ábrázolása $t > 0$, azaz Δl előtolási úthossz után hengeres darab esztergálásakor

A bekezdés pillanatában a felületi hőmérséklet $\theta_0 = \theta_A$ alaphőmérséklettel, azonban az I. síkban az átmérő akkor alakul ki, amikor az élszakasz elhagyta a bekezdő I. síkot, így az ábrán bejelölt

hőmérsékleteloszlással kell számolnunk. Hőtágulás miatt az átmérő ΔD_1 értékkel fog növekedni, amit az alábbi formulával számolunk:

$$\Delta D_l = 2 \cdot \alpha \int_0^{D/2} v(\zeta) d\zeta \quad (3.)$$

A II. síkban hasonlóan számolhatjuk ki a ΔD_{II} átmérőnövekményt. A két átmérőnövekmény különbsége alakhibában jelenik meg, amelyet sematikusán a 3. ábrán láthatunk.



3.ábra Hőtágulás mértékének sematikus ábrázolása

Ha az esztergakés éle forgácsoláskor a forgástengellyel párhuzamosan halad, akkor a II. síkban a munkadarabon a környezeti hőmérsékletre történő visszahűlés után Δ értékkel kisebb átmérőt mérünk. A D értékét (azaz az alakhibát) viszont kúp programozásával ki lehet küszöbölni.

Hasonlóan járhatunk el minden olyan esetben, amikor a forgácsolás miatt a munkadarab hőmérsékletváltozásával kell számolnunk.

A számítást és a modellezést nem kell minden esetben elvégezni. Ha lehetőség van próbaforgácsolásra (a ráhagyás megengedi) és a gépen történő mérésre, akkor a Δ értéke méréssel meghatározható.

Irodalomjegyzék

- [1] Carslaw, H.S. – Jaeger, J.C., Conduction of Heat in Solids, Oxford at the Clarendon Press 1959
- [2] Koch, K. F., Technologie des Hochprecisions-Hartdrehens, Industrie Anzeiger, Nr. 2, 6.6. 1961. P. 25-32
- [3] Mamalis, A. G. – Horváth, M – Kundrák, J. – Mészáros, I. – Paulmier, D., Surface Integrity during High-Precision Cutting of Hardened Steels,
Euspen 1999, Conference Proceedings Volume 2, p. 483-486
- [4] Grabchenko, A. - Horváth, M – Mamalis, A. G. – Mészáros, I. – Paulmier, D.
Ultraprecision Machinig of Mirror-Surfaces, OsIN '99 6th International Symposium of Machining & Cutting tools Proceedings p. 189-206

Dr. Mészáros Imre, Egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

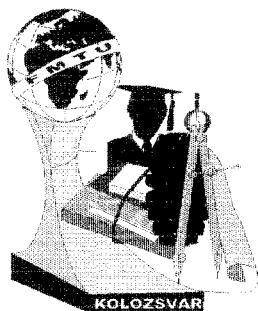
Gépgyártástechnológia Tanszék

H-1111, Budapest, Egry J. Str. 1. Tel: (1) 463 2515, e-mail: imesaros@manuf.bme.hu

Sátori Szabolcs, Ph.D. hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

Gépgyártástechnológia Tanszék

H-1111, Budapest, Egry J. Str. 1. Tel: (1) 463 2515, e-mail: satori@manuf.bme.



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Lemeztermékek előállítása hossz és keresztirányú vastagságkülönbséggel

Baross Botond

It becomes more and more important in the production and processing of steel products to elaborate new technologies which result in energy and material saving. The processing industries, particularly the automotive industry and transportation demand products which are optimised with respect to loading, weight and cost. The spreading of other structural materials replacing steel, such as aluminium, magnesium and different plastics also encourages the elaboration of new processes.

Until the late eighties there existed only rolled pre-plates of unique thickness for the production of deep-drawn plates. Two new processes appeared in the nineties for the production of plates with different thickness, "Tailored Blanking" (TB) and "Flexibles Walzen" (FW). We can find several examples of applying these in the field of bodywork production (ULSAB/ULSAC). One of the further technologies – which can be combined with these or can replace them – uses the temperature dependence of the formability of steels. Forming with profiled cylinders is possible, as well.

1. Bevezetés

Az acéltermékek gyártása és feldolgozása során mind fontosabbá válik új technológiák kidolgozása, amelyek energia és nyersanyag megtakarítását eredményezik. A feldolgozóipar, leginkább az autóipar valamint a szállítmányozás igényli a terhelés, súly és költség szempontokból optimalizált termékek előállítását. Az acélt kiváltó más szerkezeti anyagok, mint alumínium, magnézium és a különböző műanyagok terjedése is ösztönzőleg hat az új eljárások kidolgozására.

Az acéliparban meglévő technikai tudás és kapacitások kihasználását megcélózva, 33 iparvállalat bízta meg a Porsche AG egy leányvállalatát, egy új koncepciójú autókarosszéria megalkotásával: „ULSAB” - UltraLight Steel Auto Body. A sikeres munka eredményeként, az egy átlagos személygépkocsi tömegének 30%-át kitevő „nyers” karosszérián közel 25%-os súllyscsökkentést sikerült elérni.

A főként mélyhúzott, hajlított lemeztermékek gyártásához, a nyolcvanas évek végéig csak azonos vastagságú hengerelt előlemezek álltak rendelkezésre. A kilencvenes években két új eljárás

került kidolgozásra. A „Tailored Blanking” (TB) valamint a „Flexibles Walzen” (FW). Ezek alkalmazására számos példát láthatunk az autókarosszériagyártás területén. Ezen eljárásokkal kombinálható vagy azokat felváltó további technológiák egyike az acélok alakíthatóságának hőmérsékletfüggését használja ki, de ugyanígy lehetséges a profilozott hengerekkel való alakítás.

2. „Tailored Blanking”

Különböző összetételű, felületi minőségű és/vagy vastagságú lemezek alakítás előtti összehegesztése révén nyerhetjük az úgynevezett „tailored blanking” termékeket. Az eljárás során a különböző lemezeket nagy pontossággal vágják méretre, majd lézer segítségével hegesztik össze. A varrat futása szerint a termék lehet egyenes hegesztési varratú (TB) vagy görbe mentén futó (TEB). A hegesztési varrat elhelyezkedése egyszerre függ a késztermék geometriájától és az alakítási folyamattól.

A különböző minőségű lemezzrészek nem csak eltérő alakváltozási jellemzőkkel, de más-más felületi érdességgel rendelkezhetnek, amelyre figyelemmel kell lenni a mélyhúzás során. Maga a hegesztési varrat is befolyásolja az alakadási folyamatot, hiszen a varrat és környezete az alapanyagtól eltérő fizikai jellemzőkkel bír. A súrlódási viszonyok helyileg fellépő megváltozása jól megfigyelhető a homogén és a kombinált lemezminőségű, azonos geometriájú próbadarabok hegesztési varratának elhelyezkedésén, az alakítás után.

A „tailored blanking” eljáráshoz leginkább a lézerrel történő hegesztés ajánlott gazdaságossági, pontossági és termelékenységi szempontokat figyelembe véve. A kötésnek nem csak a késztermék funkciója szerinti terhelést, hanem az alakításkor keletkező feszültségeket is megfelelő módon kell viselnie. A varratban és kb. 5 mm-es környezetében megjelenő változásokat jól mutatják a keménységi értékek ugrásszerű változásai (lemezvastagság kb. 0,75 ... 1,5 mm).

Az autókarosszéria ipar számos területen alkalmazza az eljárást, hogy az egyes elemeket lehetőleg egy mélyhúzó szerszámmal, egy lépésben és minél kedvezőbb tulajdonságokkal állítsák elő. Az ajtóbelső, hossztartók, az alvázlemez, de ugyanígy az oldalfal, tető és a rugófelfekvő elemek is beépítésre kerültek az „ULSAB” - karosszériával készített tanulmányautóba. Ennek folytatásaként, a külső karosszériaelemek átgondolásával foglalkozik az „ULSAC” projekt.

A „tailored blanking” nagy előnye az a szabadság, amelyet a tervező a különböző anyagtípusok, felületek és tulajdonságok ötvözésével nyer, de a technológiának nagy a beruházásigénye és a megfelelő termelékenység eléréséhez párhuzamos gyártósorok beállítására van szükség. [1] [2]

2. „Flexibles Walzen”

A kilencvenes évek elején, az Aacheni Műszaki Főiskola Képlékenyalakítási intézetében (Institut für Bildsame Formgebung der RWTH Aachen) került sor az egyszerűnek tűnő, de sok folyamatirányítási kérdést felvető technológia kidolgozására. Az eljárás, amellyel hosszirányban változó keresztmetszetű lemeztermékeket állítanak elő, a hengerrés hengerlés közbeni állítása révén valósul meg.

A technika alkalmazásának nehézsége, hogy szinkronba kell hozni a hengerlés közben változó befutó és kifutó sebességeket, valamint a megfelelő alakító hatás érdekében figyelembe kell venni a résállítással párhuzamosan változó nyomott felületet. A szabályozásnak nyomon kell követnie a szalag mindenkor vastagságát és sebességét úgy, hogy eközben az előre meghatározott hengerlési tervet módosítsa. Az eljárás nagy előnye, hogy termelékenysége sokszorosa a „tailored blanking”-ének és a feldolgozás során nem szükséges költséges kötési technika (hegesztés) alkalmazása, a különböző tulajdonságú és vastagságú lemezrészek kombinálásához. Ugyanakkor jóval kisebb szabadságot ad mind a geometriát, mind a variálható mechanikai tulajdonságokat illetően. Az ipari alkalmazáshoz szükséges reprodukálhatóság és termelékenység eléréséhez ugyanakkor elengedhetetlen a technológia teljes automatizáltsága, amelynek megvalósítása költség és munkaigényes. [3] [4] [5]

3. A hengerállványok rugóállandóját kihasználó elméletek

Az előzőekben említett két, már gyakorlatban is kipróbált gyártási eljárás mellett lehetőség van más alapelven működő technológiák kidolgozására. Ilyenek lehetnek azok a technikák, amelyek során a hengerállványok, máskor nemkívánatos rugalmasságát használjuk ki, változó vastagságú lemeztermékek előállításához. A hengerállványokat és a rajtuk végzett hengerlési szúrásokat jellemezhetjük az úgynevezett „hengerlési karakterisztika diagrammal”. E diagram ismeretében akár az állvány, akár a hengerrésbe kerülő anyag paraméterei változtathatóak. Az így nyerhető termékek elvileg az előzőekben ismertetett két technológiával előállítható jellemzőket viselhetik.

Irodalom

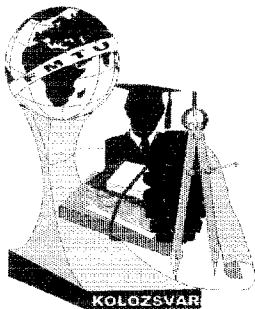
- [1] *L.Kessler, P.Ufermann, Thyssen Krupp Stahl AG*
Umformen von Tailored Blanks - Simulation und Experiment
13.ASK (1998) Tagungsband Vortrag 3.4.
- [2] *Franck Cayssials,*
Specific forming Limit Curves for Tailored Blanks
40th Mechanical Working and Steel Processing Conference 1998 – p.55
- [3] *W.Bleck, R. Kopp, RWTH Aachen*
Herstellung und Verarbeitung von neuen Stahlfeinblech-Werkstoffen
13.ASK (1998) Tagungsband Vortrag 6.1.
- [4] *Andreas Hauger und Reiner Kopp, (Aachen)*
Kostengünstiges Verfahren
Fertigung, Band 23. (1995) Heft 10. S.40-42.
- [5] *Andreas Hauger und Reiner Kopp, (Aachen)*
Flexibles Walzen - Auf dem Sprung zum industriellen Einsatz
13.ASK (1998) Tagungsband Vortrag 3.3.

Baross Botond doktorandus

Miskolci Egyetem, Anyag- és Kohómérnöki Kar

Miskolc – Egyetemváros 3515. Fémtechnológiai Tanszék

Tel: +36/46/565094, E-mail: fembb@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A szélgenerátor oszlop dinamikai elemzése számítógépes áramlástani modellezéssel

Horváth Gábor

Tóth Gábor

Tóth László

Összefoglalás

The main consideration in the wind turbine analysis was the on site wind induced vibrations and dampening modes. The frequency of the vortices behind the tower could be the same as the natural frequencies of the tower and it will influence the fatigue lifetime.

The continental wind conditions differ from the coastal area in the manner of higher towers. The coastal towers are 30-40 m high while the towers installed at continental area are usually 60-100 m high, nowadays. The Hungarian installation is expected in the future. The technical and mechanical questions should be answered in the case of Hungarian tower production.

The work presents a methodology developed for the structural and dynamic analysis of wind turbine tower in order of feasible production. The flow around the tower was modeled with Computational Fluid Dynamics, wind speed data has been used for describing the structure's vibrations. Mainly wind tunnel tests were used in this field in the past. Results from a finite element structural analysis pointed on critical points and let us optimize the geometry.

A tartószerkezetek tervezésénél alapvető tervezési probléma az adott helyen kialakuló szélviszonyok okozta kényszerrezgések és a transzverzális lengések rezonanciája. Mivel ha a szél okozta leválások időbeni eloszlása megegyezik a szerkezet sajátfrekvenciájával, ez az anyag repedéséhez vezet.

A kontinentális telepítés jellemzője, hogy a szélgenerátor oszlopok magasabbak. A tengerparton 30-40m magasak, míg a belföldön 60-100 m magasak. Magyarországon való megjelenésük várható a közeljövőben. Az oszlopok hazai gyártása esetén fel kell készülni a műszaki, mechanikai feladatok megoldására.

A munka célja annak elemzése, hogy hogyan lehet optimális költséggel, a helyi (főként kontinentális) szélviszonyokhoz előnyös, és gyártási technológiát egyszerűsítő szélgenerátor oszlopot tervezni, kivitelezni. Ehhez a végelem modellezés módszerével le kell írni az oszlopok körül kialakuló légáramot,

illetve a szél hatását a szerkezetekben kialakuló feszültségeloszlásra illetve rezgésekre. Eddig az ilyen elemzéseket kismintákkal végezték, ami csak közelítő értékekkel szolgál. A kutatás választ adna a kritikus pontok elhelyezkedésére, illetve lehetőséget biztosít a tömeg optimalására.

Bevezető

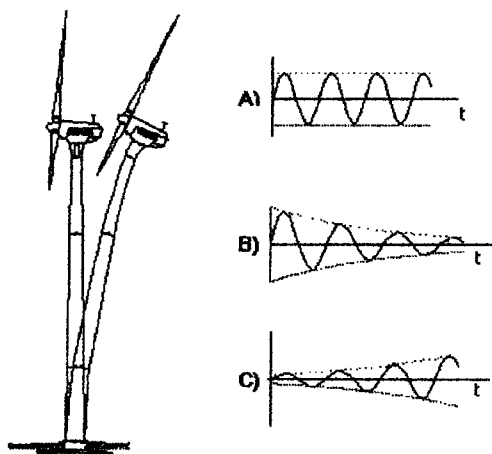
A megújuló energiaforrások hasznosítása ismét aktuálissá válik. Az atomenergia veszélyes hulladéka és az erőművek természetváltoztató hatása időszerű téma. Egyik legfontosabb környezetet nem szennyező energiaforrás a szél. A szélenergiát ősidők óta használja az emberiség. Eleinte a szelet hajózásnál és malmok hajtásához használták. Mai alkalmazásának legelterjedtebb módjai a villamos áram termelés és a vízhúzás. Kezdetben a jó szélviszonyok miatt a tengerparton telepítettek szélgenerátorokat, majd a technológia fejlődésével csökkent a szélerőművekben előállított villamos energia ára, így egyre beljebb jelennek meg a szárazföldön. Manapság a szélenergia az egyik legígéretesebb megújuló energiaforrás.

Módszer

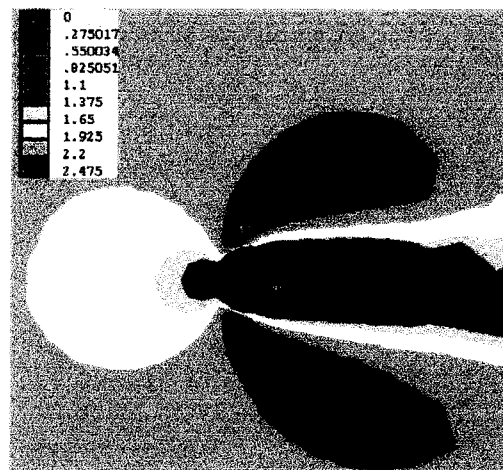
A kitűzött feladatban a tartószerkezet mechanikai és áramlástani vizsgálatát együtt valósítjuk meg.

A rendszer energiája váltakozva mozgási, illetve helyzeti energiává alakul. Az energiaátalakulások ütemét a rendszer önlengésszáma, illetve gerjesztett lengés esetén a gerjesztőhatás frekvenciája szabja meg (1. ábra). Ha a széláramlás útjába egy testet helyezünk, e test két oldalán felváltva légörvények válnak le, amelyek oldalirányban mozgatják a testet. Ha ez az örvényleválás periodikus, akkor a testet állandó sebességű szél is rezgésre gerjesztheti, keresztirányban. A leváló örvények frekvenciáját számítógépes áramlástani modellezéssel határoztuk meg. (2. ábra)

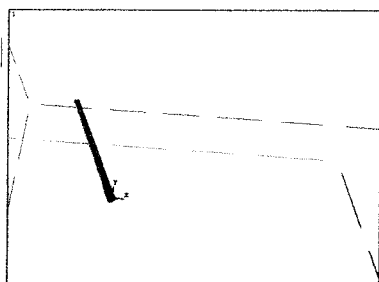
A modell felépítése előtt meg lett határozva a vizsgálandó frekvenciatartomány figyelembe véve az adott környékre jellemző szélviszonyokat. A kutatásban a fő hangsúlyt a szerkezeti elemek lehetséges végelemek modellezése adja (9. ábra). Az első lépésben az oszlop körüli áramlás számítógépes leírására került (3-5. ábra) sor. A második lépés a szerkezetben ébredő feszültségek meghatározása. A két lépésben kapott eredmények egymásra hatását és kölcsönös módosítását végezzük el. Az eredményünk egy komplex tervezési rendszer, ahol a profiltól a szilárdtest modellig számíthatóak az adatok. A szélgenerátor oszlop sajátfrekvenciái a nagy generátor tömeg következtében a sima oszlopokhoz viszonyítva teljesen más jellegű összefüggést adnak. Így más jellegű mérésekre is szükség van. A modellkísérletekben nehéz egyszerre biztosítani az áramlástani és az elasztomechanikai hasonlóságot, még további nehézségek merülnek fel a rezgés és az áramlás egymásra hatásának modelleken való tanulmányozásában ezért ebben nagy segítséget biztosított a számítógépes áramlástani modellezés.



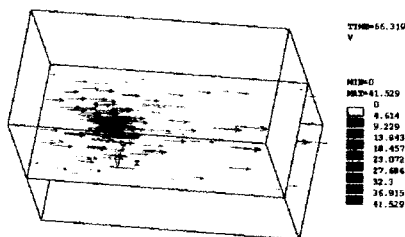
1. ábra A rezgések leírása (A) periodikus, B) csillapított, C) gerjesztett



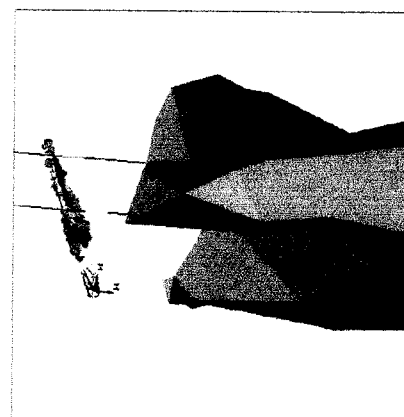
2. ábra A Kármán-féle örvénysor



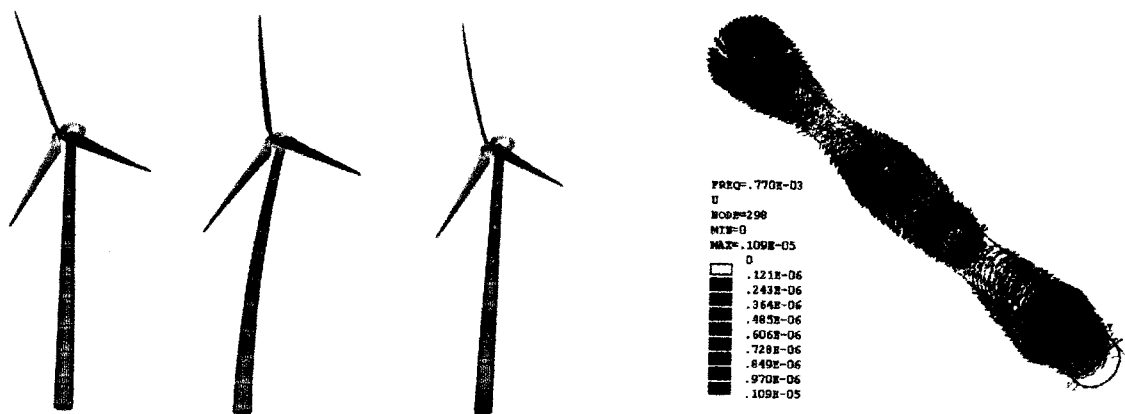
3. ábra Az oszlop térbeli áramlási modellje



4. ábra Sebességvektorok az oszlop körül



5. ábra Örvények az oszlop mögött



6. ábra Az oszlop saját lengései

Eredmények

- Az optimális oszlop kialakítása
- A tengerparti és kontinentális viszonyok között működő szélgenerátorok tervezése közötti különbségek feltárása
- A rezgések méréséhez új műszer kialakítása
- Az oszlopokon várhatóan fellépő rezgések elemzése végeselem módszerrel
- Eljárás kialakítása az oszlop tervezésére és méretezésére a fellépő rezgésekre való tekintettel
- A meglévő oszlopok tömegének csökkentésére elméleti modell kidolgozása
- Anyag kifáradás becslése illetve elkerülésének módja
- Szél és rezgések kölcsönhatása közötti összefüggés feltárása
- Sajátfrekvenciák és szél kölcsönhatásának leírása
- Magasabb oszlopoknál anyagoptimalás
- Geometria, anyag megválasztás rezonancia elkerülése végett
- Oszlop és lapát kölcsönhatásának leírása
- Az oszlop rezgésének mérséklése, a rezgések hatásának modellezése a tartószerkezetre
- Számítógépes feldolgozás a tervezés minden egyes lépésében (végeselem módszer, Fourier analízis)

Irodalom

1. Bossanyi, E.A. *BLADED for Windows Theory Manual*. Bristol, England: Garrad Hassan and Partners Limited, September 1997.
2. Horváth, G., Tóth L.: *A computer aided frequency analysis of a wind turbine*, British Wind Energy Association Annual Conference, Cambridge. 1999.
3. Kaiser, K.: *Where Comes the Damping From ?* Proceedings EWEC'97, Dublin, 1997.
4. Ludvig, Gy.: *A gépek dinamikája*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
5. Gourieues, D.LE: *Windpower plants*. Pergamon Press, Oxford, 1982.
6. Kollár L.: *A szél dinamikus hatása magas építményekre*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Horváth Gábor Ph.D. hallgató

Tóth Gábor Ph.D. hallgató

Dr. Tóth László egyetemi tanár

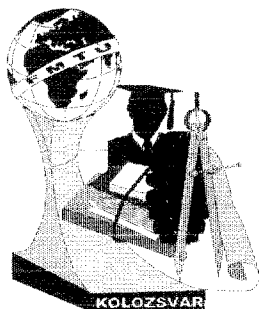
Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar

Agrárenergetika és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Email: ghorvath.aacet@mgk.gau.hu

Tel: 36-209-914-330

Fax: 36-28-420-997



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

MIKROFORGÁCSOLÁS ANALÍZISE

Nyirő József

Summary:

A mikroforgácsolás analízise, szimulációja lesz bemutatva fejlett módszerek, néhány kép segítségével. Manapság a MARC program alkalmazásával folyik az elemzés, aminek a segítségével lehetőség van 3D-s analízisre, tehát a munkadarab vagy a szerszám tengely körüli forgatására. Így az esztergálási, fűrési munkafolyamat szimulációja megoldódott.

A két program közti eredményalakulás változásokat hoz létre, már a 2D-s elemzés esetén is. A peremfeltételek, a szituáció megváltozása valóságosabb eredményeket hoz magával. A két analízis közötti különbség miatt, a 3D-s analízis a valóságnak megfelelő eredményeket hoz. Tehát ebből már lehet következtetéseket levonni a valós folyamatról, a munkafolyamatban az összetevők alakulásáról anyagáramlás, hőmérséklet, alakváltozás, alakítási erő, feszültség, nyomás, valamint más a technológia számára fontos paraméterek kiszámolásával.

1. Bevezetés:

Manapság egyre inkább előtérbe helyeződött a mikromegmunkálás, egyre nagyobb számban jelennek meg a mikroforgácsoló megmunkálással történő anyagleválasztások. Ilyenek pl. a mikromarás (\varnothing 0.3 maró), mikroesztergálás, mikrofűrés (\varnothing 0.1 fűrő). Mikroforgácsoláson belül értik a miniatűr forgácsleválasztás témakörét és a miniatűr alkatrészek gyártását is.

A múltban a mikromegmunkálásokat lézerrel, szikraforgácsolással vagy egyéb különleges megmunkáló eljárással végezték. Ezek az eljárások nagyon költségesek. Vagy a lézer, vagy a maszk elkészítése miatt lesznek hatalmasak az árak. Elsősorban a költségek csökkentése volt a cél, amikor a mikroforgácsolás bevezetését kezdeményezték.

A forgácsolás modellezésével már nagyon sokan foglalkoztak (pl. Leonardo), de ezek a kezdeti próbálkozások mind makroszinten mentek. A későbbiekben a cél a mikroszintekig való eljutás, a szemcse szinten történő vizsgálatok készítése, az anyagszemcse szerkezetének, változásának vizsgálata. Természetesen nem ugyanaz a helyzet, szemcseméreteken beszélünk, mivel ott már nem a szemcsehatárokon történik az alakváltozás, hanem a szemcsét alakítjuk és abban a pillanatban megváltozik az anyagnak a tulajdonsága. Sokkal merevebb anyagról lesz szó. El kellene érni, hogy megfelelő szerszámalkakítás mellett a szemcséket tudjuk megmunkálni, ne pedig a szemcsehatár mentén alakuljon ki a törés.

Kezdetben megmunkálási módnak szabadforgácsolást választunk, ami lehet a gyalulási (hántolási) megmunkálás, és a hozzá hasonló megmunkálási fajták. Tulajdonképpen nem tévesztünk nagyot, mivel lehet közelíteni a megmunkálást 2D-s megmunkálássá. A szerszámot karcsúnak vesszük, és kis elhanyagolásokat teszünk, így vizsgáljuk a folyamatot.

A 3D-s analízis már teljesen megközelíti a kívánt folyamatot. Az eredményei is jól mutatják a forgácsolási folyamat jelentőségét. Ezzel a módszerrel már tudjuk elméleti síkon kezelni a forgácsolási folyamatot.

2. Analízis (2D)

Tehát most már a MARC program segítségével folyik a kutatás, az eddigi 2D-s modellezés más jellegű eredményeket hozott. Például arra gondolok, hogy a régebbi analízis a anyagfolyást vektorosan mutatta, és a vektor nagysága jelképezte a sebesség nagyságát, a nyíl pedig mutatta az irányát. Viszont

a jelenlegi analízis, sokkal jobban mutatja a szükséges technológiai paraméterek értékeit (erő, feszültség, nyomás). A nagy különbség abban mutatkozik, hogy jobban lehet a peremfeltételeket hozzárendelni egy adott szimulációhoz. Az anyagminőség megadása is sokkal jobban közelíti a valóságot, ezen kívül a kötöttségeket is jobban meg lehet határozni. A végelelem háló meghatározása is jobban definiálható, és a számítási módszer változtathatóságával még valósághűbb eredmények kaphatók.

Kezdetben a fejlettebb rendszerrel is 2D-s analízisek folytak, hogy jobban lehessen hasonlítani az eredményeket a régebbi eredményekkel. A következő képek ezekről az eredményekről adnak számot.

2.1 Az analízis paraméterei:

Jelen esetben a probléma az, hogy a szerszám ridegnek lett tekintve, tehát nem alakváltozik. Tulajdonképpen, ha jól meggondoljuk tényleg a szerszám sokkal jobb minőségű anyag, mint a munkadarab. A másik dolog, hogy azért lett így analizálva, mivel a régi analízis is hasonlóképpen működött. A szerszámnak csak a munkadarabra történő ráhatását szimuláljuk. Az újabb szimulációval viszont tökéletesebb kötöttség megadást lehet elérni a munkadarabon. Esetleg a megfogást vagy a kezdeti feltételeket vizsgálom.

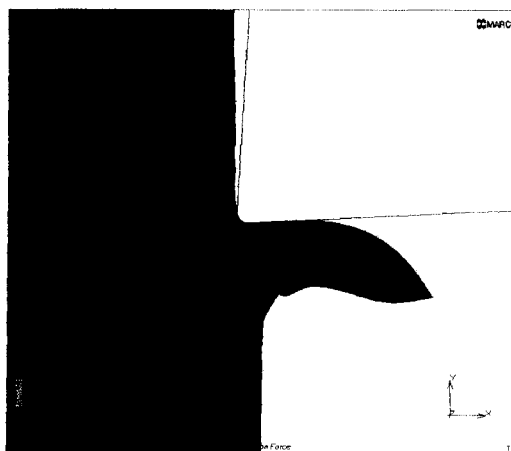
Az analízis szükséges paramétereit az SI szabvány alapján adhatjuk meg. Így arányaiban kell helyesnek lenni az analízis paramétereinek

Jelen esetben: anyagminőség: C15,
 fogásmélység: $a = 1 \text{ mm}$,
 előtolás: $f = 0.2 \text{ mm/ford}$.

2.2 Az analízis eredményei:

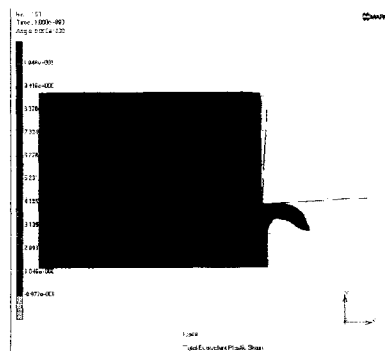
A forgácsolás adataiból kitűnik, hogy egy komoly terhelésű folyamat játszódik le. Ezt a fajta megmunkálást gyorsforgácsolásnak nevezzük

Az 1. ábra az alakítási erő vizsgálatával foglalkozik, jól látható az ábrából, hogy a szerszám csúcsánál lesz a terhelés maximuma, és a csúcs körül körgyűrűszerűen épülnek fel a terhelési sávok. Ezen kívül még nagyon jól mutatja az ábra a nyírási sík alakulását, ami a forgácsolástól felület felé mutat (halvány sáv) és így mutatja a forgács folyási útját, illetve az anyagáramlást is.



1. ábra: Az alakítási erő alakulása a forgácsolási folyamatban

A 2. ábra feszültség alakulásával foglalkozik, itt is jól megfigyelhető, hogy a felület mentén főleg a csúcs közelében, de a felületen jól elnyúlva van a feszültség maximális értékének maximális tartománya. Leginkább az olvasható le, hogy a forgács és a szerszám csatlakozásánál ébred a feszültség legnagyobb része. Ott kúszik fel a feszültség értéke. A szerszám és a forgács érintkezési pontjától távolodva egyre alacsonyabb lesz a feszültség értéke.

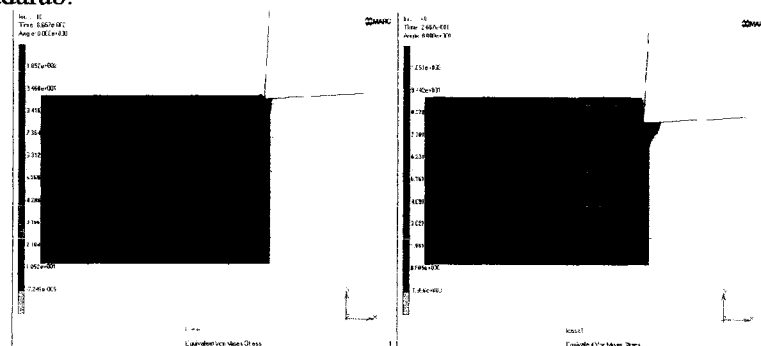


2. ábra: A feszültség alakulása a felületi rétegben

A 3. ábra két képből áll, de mindkét kép a felületi nyomás alakulását taglalja. A baloldali ábra mindjárt a legelején, a belépéskor mutatja a folyamatot, míg a jobboldali egy pár lépéssel később mutatja. Hasonlóképpen a előző ábrákhoz a felületi érdesség is a forgácstőben és a közvetlen környezetében lesz a legnagyobb.

Egy nagyon érdekes jelenség figyelhető meg a folyamat vizsgálatakor, hogy a szerszám belépésekor az anyag kifelé megfolyik, ez újdonságot jelen, mindenképpen vizsgálatot érdemel. Ez a jelenség adódhat a nagy terhelés következtében, de az bizonyos, hogy van olyan eset mikor megfolyik az anyagmennyiség. Az is előfordulhat, hogy a jelenség mindig jelentkezik, csak a mértéke természetesen jóval kisebb. A jelenség abból adódhat, hogy a nagy terhelés hatására a mechanikai energia hővé alakul és ennek a hőnek a következménye lesz a megfolyás jelensége. Ennek a folyamatnak nagyon sok függvénye van (hővezetési tényező, anyagminőség, előtolás, fogásmélység). De biztos, hogy ebben a szituációban, ilyen peremfeltételek mellett megfolyik az anyag.

A másik, jobboldali képen viszont már nem lehet megfigyelni a megfolyást. Tehát a jelen szituációban csak az első pillanatban észlelhető a megfolyás. Ez hasonlóképpen betudható a nagy terhelésnek, mivel a kezdeti megfolyás után a nagy terhelés következtében visszahúzza az anyagot. Az anyagszemcsék összetartó ereje olyan nagy, hogy nem szakadnak el, hanem visszahúzzák a kifelé megfolyt anyagot. A másik dolog, ami megjelenik a képen, hogy nagy terhelés alatt játszódik a folyamat, mivel a munkadarab felületén nagy mennyiségben megjelenik a nyomás, tehát nagyon elszínesedik a munkadarab.



3. ábra: A felületi nyomás alakulása a kezdeti állapotban

Ezek voltak azok az eredmények, amelyek a 2D-s analízis hasonlításához készültek, de már sokkal több eredményt lehetett az újabb analízisből levonni.

3. Analízis (3D)

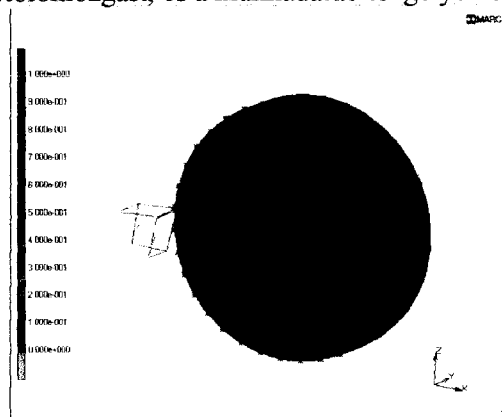
Tehát mivel lehetőségünk van a 3D-s analízis végrehajtására, így elkezdődtek a szimulációk. A 3D-s analízisben a legnagyobb különbség a feszültségállapot megváltozásában történik. A szimulációban 3 tengelyű feszültségi állapotról van szó. Ez nagy mértékű számítási változást eredményez, sokkal komplikáltabb folyamatról van szó.

Ahogy a 4. ábra mutatja, úgy helyezkednek el a testek a szimulációban. Ez az ábra csak egy felépítési vázlata a 3D-s analízisnek. A feladatot kontaktfeladatként kell megoldani, mivel a forgácsleválásra is kíváncsiak vagyunk, nemcsak a terhelésre. Tehát most is két testet kell

meghatározni, jelen esetben is, akárcsak 2D esetén, itt is merev szerszámmal dolgozunk. Egyedül a munkadarab az, amelyik alakulni tud.

Jelen ábrán jól látható a hálózás menete, körcikkszerűen vannak a hálók kialakítva, hogy a külső felületen ugyanazok feltételek legyenek adottak.

A szerszámot, mivel rigid elegendő három síkfelülettel helyettesíteni. A programon belül csak olyan lehetőség van, hogy a szerszám végez minden mozgást, a munkadarabnak nem lehet mozgást adni. Így a szerszám végzi az előtolómozgást, és a munkadarab tengelye körüli forgást is.



4. ábra: A 3D-s analízis felépítése

4. Következtetés

A két program közti eredményalakulás komoly változásokat hozott felszínre, amik még a másik analízissel fel sem merültek. A peremfeltételek teljes megváltozása, precízebb volta, megnyugtatóbb, valósághűbb eredményeket von maga mögé. A két verzió közötti hatalmas különbség miatt, a 3D-s analízis a valóságnak megfelelő eredményeket hoz. Tehát ebből már lehet következtetéseket levonni az igazi valóságról, a munkafolyamatban az összetevők alakulásáról.

Ezek a rendszerek részben közvetlen ipari alkalmazások tervezésére, részben kutatásra is alkalmasak. A felhasználó által megadott technológiai paraméterek hatására, a szimuláció közvetlen válaszol az anyagáramlás, a hőmérséklet az alakváltozás eloszlás az alakítási erő és energia valamint más a technológia számára fontos mennyiségek kiszámolásával.

Tehát a legfontosabb következtetések a kísérletek folyamán:

- az élekerekítési sugárnak minimálisnak kell lennie, hogy az anyagáramlás könnyebb legyen.
- a belépés esetén visszafelé történő anyagfolyás jelenik meg.
- a csúcs környékén alakulnak ki a maximális terhelések (erő, feszültség).

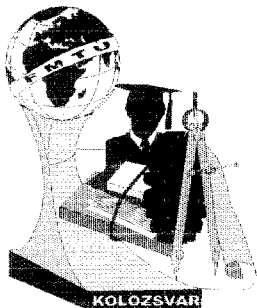
Tehát az eredmények a valóságnak megfelelnek, a modell megfelelő, így lehetséges az analízis eredményeit kiértékelni.

Így tehát a továbbiakban levont következtetések a gyakorlati életben jól alkalmazhatók.

Irodalomjegyzék

- [1] **MARC documentation**, Budapest,
- [2] **FORM2D rendszer összefoglalója**, Budapest
- [3] RENTSCH, Dr.-Ing. R. G.: **Process Modelling by means of Molecular Dynamics (MD)**, Berichte Nr. 1276, 1996, 17-21
- [4] NAKAYAMA, K.: **Basic Rules on the Form of chip in Metal Cutting**, Annals of the CIRP Vol. 27/1/1978, 175-195

Név/ tudományos fokozat: Nyirő József, Ph.D doktorandusz (II. éves)
Munkahely, cím: Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszék,
 1111, Budapest, XI. Ker., Egrý J. u. 1.
Telefon: (1) 463 2641, **Fax:** 463 3174, **E-mail:** nyj@manuf.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Anizotrop anyagok vektor hiszterézis modellje

Szabó Zsolt, Iványi Amália

Abstract

For the investigation of magnetisation behaviours in different materials several magnetic models are introduced. In case of ferromagnetic materials the magnetisation curve describes hysteresis. The classical Preisach model can be applied for the simulation of scalar hysteresis characteristics in isotropic materials. The Stoner-Wohlfarth model allows an easy representation of vector behaviour of magnetisation, but the domain walls are disregarded. In most cases the motion and the pinning of domain walls, on the imperfections of crystal structures and on the impurities, causes the hysteresis phenomena. The presented model can be applied for the description of vector behaviour in ferromagnetic media with uniaxial anisotropy. The Preisach triangular technique and distribution functions in direction of easy and hard axes are introduced for the representation of the magnitude of magnetisation vector, the direction and the orientation of it is specified by the dominant hysteresis operator controlled by the Stoner-Wohlfarth energy equation. The dimension of dominant hysteresis operator is defined by the coercive magnetic field intensities, the direction of applied magnetic field and a correction term.

Bevezetés

A skalár Preisach modell számos derékszögű elemi hiszterézis operátor szuperpozíciójának tekinthető [1]. A modell bemenete a $H(t)$ mágneses térerősség abszolút értéke, kimenete az $M(t)$ mágnesezettség nagysága. Az operátorok egy $\mu(\alpha, \beta)$ eloszlását véve figyelembe, az α, β síkon definiálható a Preisach háromszög, amelyen belül a $\gamma(\alpha, \beta)$ hiszterézis operátorok fel- és lekapcsolásának változása történik, valamint a mágnesezettség állapotát szabályozó lépcsőgörbe. A mágnesezettséget a következő összefüggéssel lehet előállítani [2]

$$M(t) = \iint_{T(\alpha, \beta)} \mu(\alpha, \beta) \gamma(\alpha, \beta) H(t) d\alpha d\beta. \quad (1)$$

A klasszikus Stoner-Wohlfarth modell az anyagot apró, mágneses szempontból ellipszoid alakú, egymással kölcsönhatásban nem levő, telítésig mágnesezett részecskék szuperpozíciójaként tekinti. Külső tér hiányában a részecskék mágneses momentuma a fő mágnesezési irányba mutat. A részecskék mágnesezettségének iránya csak akkor tér el a fő mágnesezési iránytól, ha a rendszerbe egy külső gerjesztés hatására energiát táplálunk. Egy ellipszoid alakú részecske energiája az anizotrópiából származó energia és a mágneses kölcsönhatásból származó energia különbsége

$$w = K \sin^2 \Theta - \mu_0 H M_s \cos(\Theta_0 - \Theta), \quad (2)$$

ahol K az anizotropikus állandó, H a külső mágneses térösség abszolút értéke, M_s a Stoner-Wohlfarth részecske telítési mágnesezettségének nagysága, Θ_0 a gerjesztő térerősség és a fő mágnesezési irány által bezárt szög, Θ a részecske mágnesezettsége és a fő mágnesezési irány közötti szög. Bevezetve az $\eta = \frac{2K}{\mu_0 M_s}$ mennyiséget, a Stoner-Wohlfarth részecskéhez hozzárendelhető

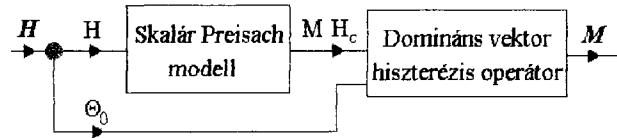
aszteroid egyenlete

$$H_x^{2/3} + H_y^{2/3} = \eta^{2/3}. \quad (3)$$

Az η paraméter az aszteroid nagyságát határozza meg. A mágnesezettség irányát mindig az aktuális energiaminimum adja. A továbbiakban a Stoner-Wohlfarth részecskét elemi vektor hiszterézis operátornak tekintjük. [3]

Kölcsönható operátorok sokaságából álló vektor hiszterézis modell

Modellezzünk egy egyirányú anizotrópiát mutató ferromágneses anyagot. A modell a mágnesezettség vektorának abszolút értékét egy skaláris Preisach modellből, míg a mágnesezettség vektorához tartozó irányt egy domináns aszteroid által értelmezett, vektor hiszterézis operátor segítségével határozza meg, ahogy az 1. ábrán látható.



1. ábra A vektor hiszterézis modell felépítése

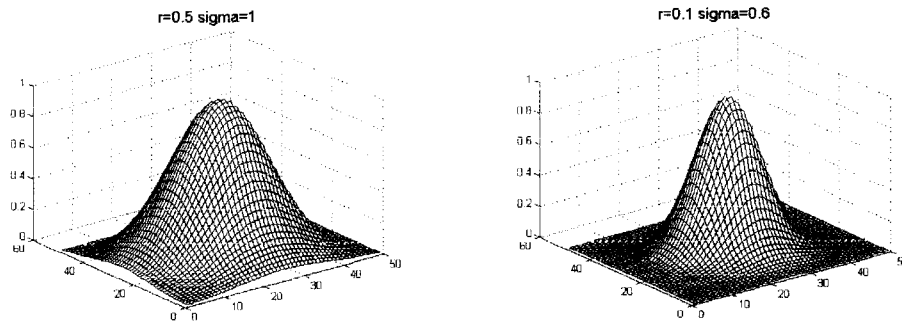
A modell működéséhez szükséges az $\mu(\alpha, \beta)$ eloszlásfüggvény ismerete, egy bizonyos irányú gerjesztés esetén. Az eloszlásfüggvény meghatározása a fő és kereszt mágnesezési irányokba végzett mérési eredmények alapján történik. A modell eloszlásfüggvényét az alábbi eloszlással lehet közelíteni

$$\mu(\alpha, \beta) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-r^2}} e^{-\frac{1}{2(1-r^2)} \left[\frac{(\alpha-m_1)^2}{\sigma_1^2} - 2r \frac{\alpha-m_1}{\sigma_1} \frac{\beta-m_2}{\sigma_2} + \frac{(\beta-m_2)^2}{\sigma_2^2} \right]} \quad (4)$$

Az r paraméter az α és β valószínűségi változók korrelációs együtthatója, σ_1 és σ_2 az eloszlás szórása. Az eloszlásfüggvény szimmetrikus az m_1 , m_2 paraméterekre. A fenti paraméterek különböző megválasztásával lehet elérni az eloszlásfüggvény illesztését egy mért hiszterézis karakterisztikához. A 2. ábra két lehetséges eloszlásfüggvényt mutat. Ismerve a fő és keresztirányban az eloszlásfüggvényeket, egy tetszőleges irányban az eloszlásfüggvényt a következő összefüggéssel lehet meghatározni

$$\mu = \mu_e \cos^2 \Theta_0 + \mu_h \sin^2 \Theta_0 \quad (5)$$

ahol μ_e a mágneses fő irányban az eloszlásfüggvény, μ_h a mágneses kereszt irányban az eloszlásfüggvény, Θ_0 a fő mágnesezési irány és a mágneses térerősség vektora által bezárt szög.

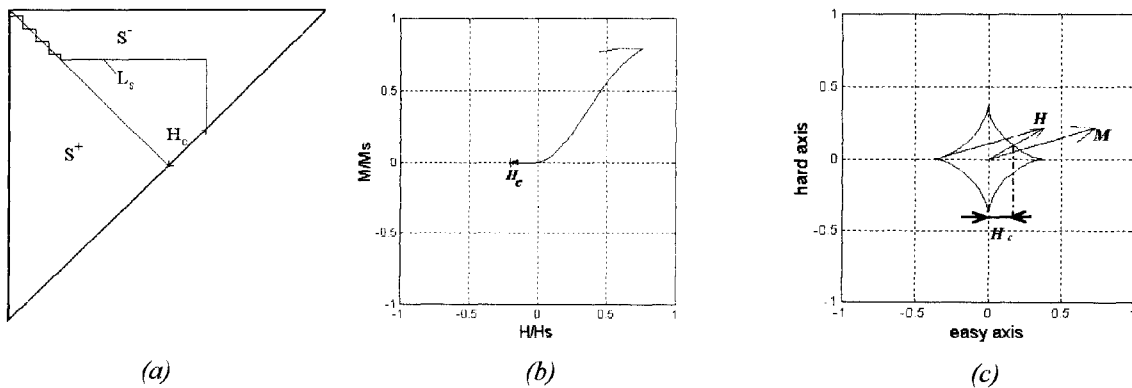


2. ábra A fő és kereszt mágnesezési irány eloszlásfüggvényei

Az (5) eloszlásfüggvény és a Preisach háromszög segítségével meghatározható a mágnesezettség vektorának abszolút értéke, amely egyértelműen definiál egy H_c koercitív térerősséget. Minden egyes mágnesezettség értékhez egyértelműen hozzá lehet rendelni egy domináns vektor hiszterézis operátort, melyhez egy domináns aszteroid tartozik, amelynek a méretét a koercitív tér, a mágneses térerősség iránya és egy ξ hibtag határoz meg

$$\eta = \xi \cdot \left[(H_c \cdot \cos \Theta_0)^{\frac{2}{3}} + (H_c \cdot \sin \Theta_0)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}. \quad (6)$$

Legyen $\xi=1$, valamely kezdeti lemágnesezett állapotból indulva Θ_0 irányban növelve a mágneses térerősség értékét egyre nagyobb területű aszteroid családot kapunk. Egy felmágnesezett állapotból csökkentve a mágneses térerősséget, a domináns aszteroid mérete nem változik, míg el nem érjük a koercitív térerősség értékét, vagy újból nem kezdjük növelni a mágneses térerősség nagyságát. A koercitív tér elérése után a domináns aszteroid területe csökken, majd a mágneses térerősség ellenkező irányú növelésével újra növekedni kezd. A mágnesezettség vektora párhuzamos a mágneses térerősség vektorától a domináns aszteroidhoz húzott érintővel, ahogy az a 3. ábrán látható.

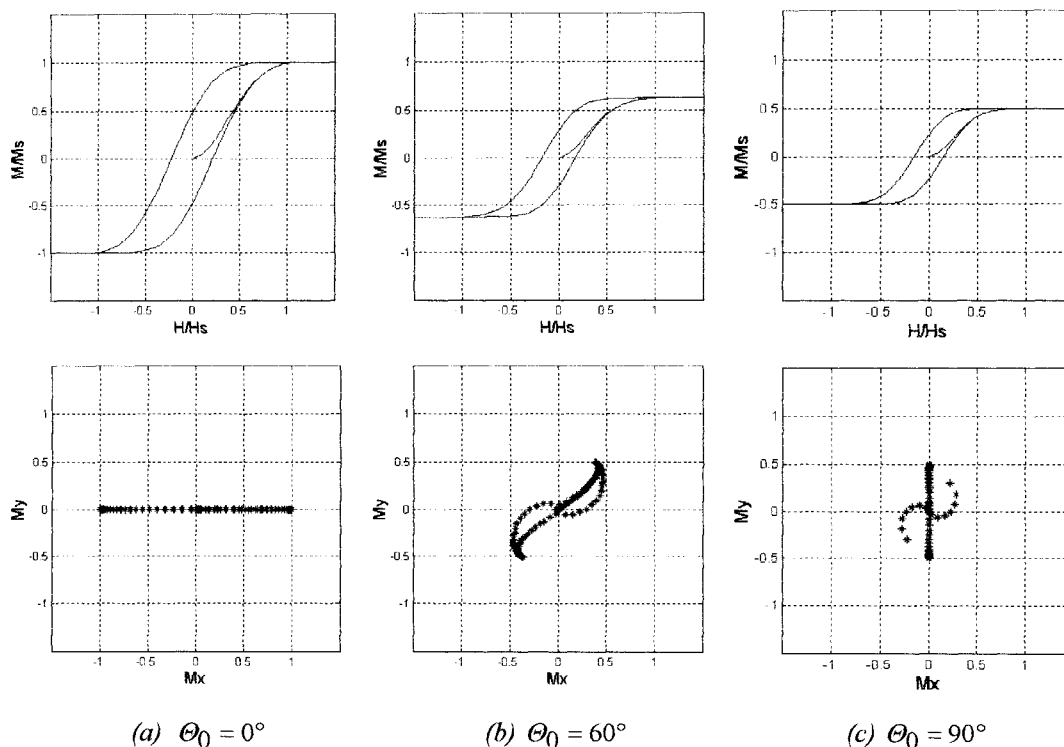


3. ábra A Preisach háromszög (a), a hiszterézis görbe (b) és a hozzárendelt domináns aszteroid (c)

A vektor modell lineárisan változó mágneses térben

Lineáris gerjesztés esetén, ha a mágneses térerősség párhuzamos a fő mágnesezési iránnyal, a hiszterézis karakterisztika és a mágnesezettség vektorának helyzete a 4. a. ábrán látható. Ha mágneses térerősség vektora $\Theta_0 = 60^\circ$ szöget zár be a mágnes fő iránnyal, a hiszterézis karakterisztikát és a

mágnesezettség vektorának helyzetét a 4. b. ábra mutatja be. Az anyag felmágnesezésekor a mágneses térerősség vektorának a gerjesztő tér irányába való fordulása figyelhető meg. Lemágnesezéskor a mágnesezettség vektora a mágnes fő irány felé fordul el, miközben nagysága is csökken. Mágneses kereszt irányban gerjesztve a vektor modellt, a 4. c. ábra mutatja be a hiszterézis karakterisztikát és a mágnesezettség vektorának pozícióját. Az ábrákból látható, hogy az anyagot legkönnyebb a mágneses fő irányban felmágnesezni, és legnehezebb a mágneses kereszt irányban.



4. ábra. A hiszterézis karakterisztika és a mágnesezettség vektorának pozíciói különböző irányú mágneses térerősség esetén

Konklúzió

A bevezetett domináns vektor hiszterézis operátor segítségével egyszerű leírást adhatunk a ferromágneses anyagok mágneses térben való viselkedésére, megtartva a skalár Preisach modell minden előnyét. A modell egyaránt leírja a doménfalak és az irreverzibilis mágneses momentumok hatását. Nem egyirányú anizotrópiát mutató anyag mágneses térben való modellezésére, több fő és kereszt mágnesezési iránnyal rendelkező elemi vektor hiszterézis operátort kell bevezetni.

Irodalomjegyzék

- [1] A. Iványi, Hysteresis Models in Electromagnetic Computation, Akadémia Kiadó, Budapest, 1997.
- [2] Füzi J., Iványi A., Szabó Zs.: Preisach Model with Continuous Output in Electrical Circuit Analysis. Journal of Electrical Engineering, Bratislava, Slovakia, 1997, vol. 48, no.8/s, pp.18-21.
- [3] Zs. Szabó, A. Iványi, The Stoner-Wohlfarth Model in Rotational Magnetic Field, EMES 7th, 1999, pp.115-121.

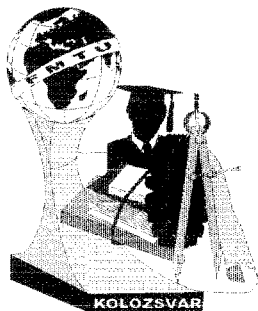
Szabó Zsolt, okl. villamosmérnök, PhD hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék

Egry József utca 18, H-1521 Budapest, Hungary

Telefon/fax, e_mail: (361) 4632915, (361) 4633189, szabo@evtsz1.evt.bme.hu

The research work is sponsored by Hungarian National Foundation, OTKA, 2000, Pr. No. T 029778.



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

ANIZOTRÓP VEKTOR PREISACH MODELL

Füzi János

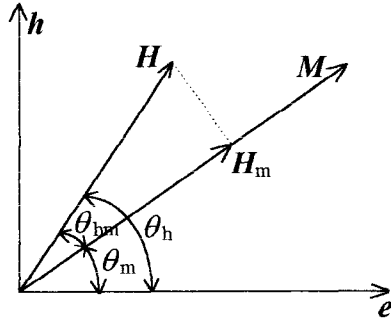
Summary – A method based on the classical Preisach model is proposed to describe the static 2D vector magnetic behaviour of anisotropic – grain-oriented – silicon iron sheets. A theoretical magnetic particle, endowed with orientation in the sheet's plane is introduced to depict the relationship between the field strength vector at the surface of the sheet and space-averaged magnetization vector through its cross-section. The magnitude of magnetization is governed by a classical Preisach operator. Its input is the projection of the field strength vector on the magnetization direction, while its orientation is determined by the equilibrium between the field strength orientation and the anisotropy of the sheet. The material is approximated by a classical continuum, its domain structure being neglected. The sheet is considered to consist of a set of non-interacting particles of the proposed kind, which yield the macroscopic magnetic characteristic of the real material.

1. Bevezetés

A szemcseorientált ferromágneses vasmaglemezek mágneses karakterisztikája erősen anizotróp [1]. A hengerezési iránynak megfelelő, úgynevezett könnyű mágnesezési irányban nagy a permeabilitásuk és, kicsi a koercitív térerősség, míg az erre merőleges keresztirányban a permeabilitás nagyságrendekkel kisebb. Ennek megfelelően ezeket az anyagokat olyan berendezések (például transzformátorok) gyártására használják, amelyekben a mágnesezés mindig ugyanabban az irányban történik. A vasmagok egyes tartományaiban (T csatlakozás, sarkak) azonban elkerülhetetlen a mágneses indukcióvektor elfordulása a könnyű mágnesezési irányból. Forgó villamosgépek vasmagjai olyan anyagból készülnek, amelyben a hengerezési műveletből származó anizotrópiát utólagos hőkezeléssel a lehető legkisebbre csökkentik. Azonban ezek a vasmaglemezek sem rendelkeznek teljesen izotróp mágneses karakterisztikával. A mágneses tér tanulmányozásához ezekben az anyagokban szükség van egy modellre, amely leírja a mágneses térerősségvektor és a mágnesezettségvektor közötti kapcsolatot. Ez a kapcsolat nemlineáris és nem egyértékű, hanem úgynevezett hiszterézisjellegűt mutat, amely abban nyilvánul meg, hogy a mágnesezettség és ezáltal a fluxussűrűség változása nem követi azonnal és arányosan a térerősség változását. Ugyanakkor a mágnesezettség az aktuális térerősségen kívül a mágneses múlttól, azaz a térerősségnek az aktuális pillanat előtt felvett értékeitől is függ. Azok a mágnesezési folyamatok, amelyekben a mágneses térerősség és a fluxussűrűség vektorai mindvégig párhuzamosak, megfelelően leírhatók a klasszikus (skaláris) Preisach modellel [2]. A jelleggörbék nemlinearitásából következően azonban a vektoriális mágneses hiszterézismodell nem építhető fel különböző irányokban működő skaláris modellek szuperpozíciójaként [3].

2. A modell felépítése

Tekintsünk egy elméleti mágneses részecskét, amely elemi mágneses operátorként működik. A mágneszettségvektor (M) modulusza a klasszikus Preisach operátor [1] segítségével számítható ki, amelynek bemeneti mennyisége legyen a térerősségvektor (H) vetülete a mágneszettségvektor irányára (H_m



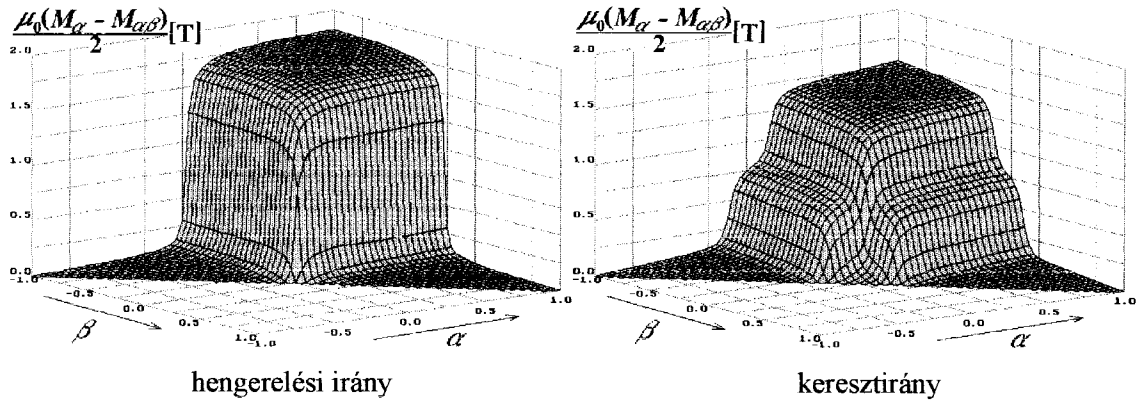
1. ábra. Szögek értelmezése.

az 1. ábrán). A mágneszettségvektor iránya az M és H közötti nyomaték ($H \times M$) valamint a lemez anizotrópiája közötti egyensúlyból következik:

$$HM \sin \theta_{hm} = H_k M \sin 2\theta_m, \quad (1)$$

ahol H_k az anyagra jellemző anizotrópiatér. Ennek nagysága forgó mágneses térbe helyezett vasmaglemez számított mágnesezési jelleggörbéinek a mért jelleggörbékhez való igazítási feltételből határozható meg.

A klasszikus Preisach modell adatbázisul szolgáló Everett felületek a hengerelési irányban és keresztirányban az úgynevezett első visszatérési (a határhiszterézishurokról induló) görbék méréséből számíthatók ki [1].



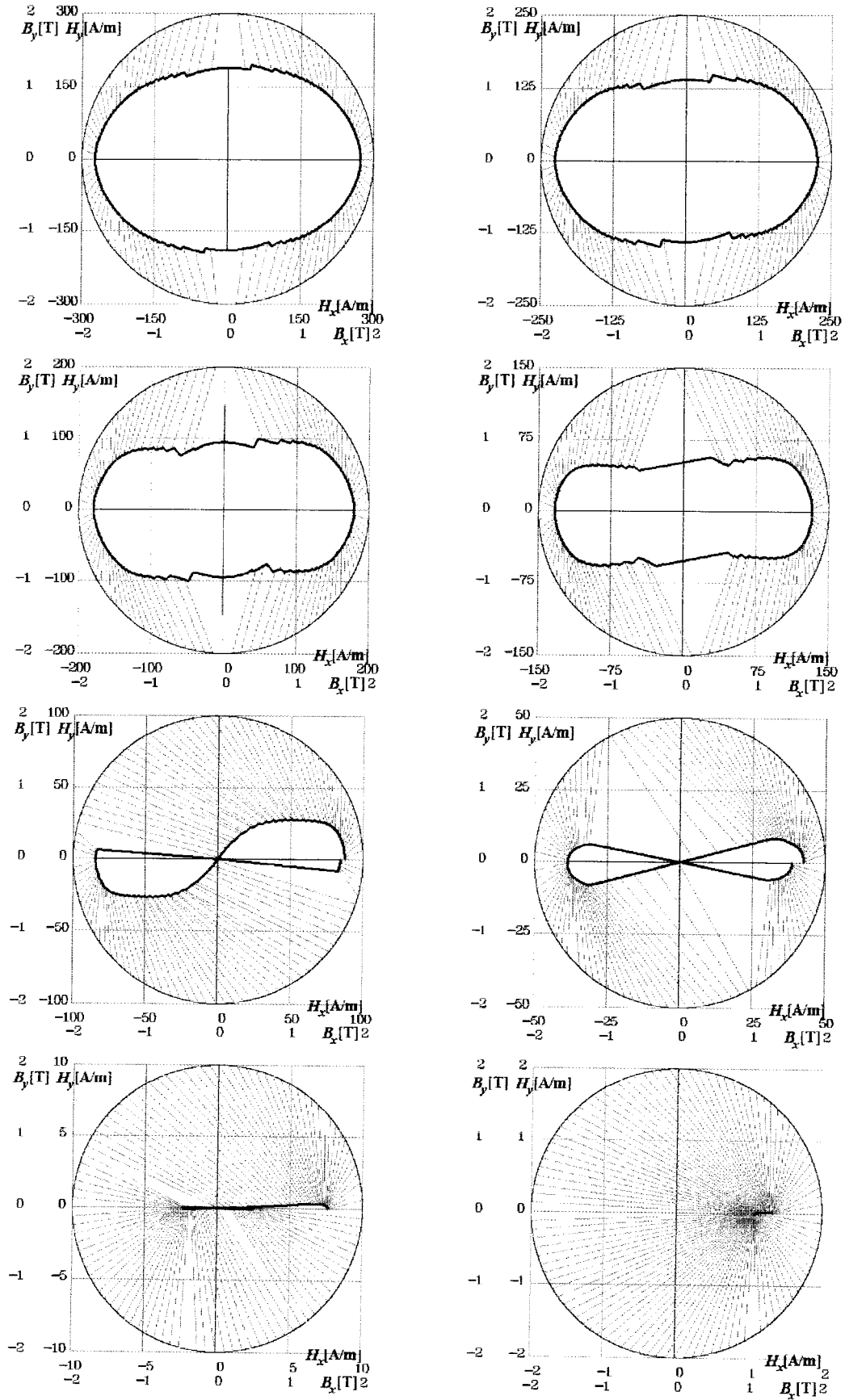
2. ábra. Az anizotróp 27ZDKH95 vasmaglemez Everett felületei.

A 2. ábrán a szemcseorientált, 0.27 mm vastag lézerkarcolt 27ZDKH95 vasmaglemez (Nippon Steel) Everett felületei láthatók. Itt $\alpha = H/H_S$ növekvő H esetén, $\beta = H/H_S$ csökkenő H esetén, M_α a mágneszettség a (határhurkon elhelyezkedő) fordulóponthoz, $M_{\alpha\beta}$ pedig a $H = \beta H_S$ térerősségre kapott mágneszettség az $(\alpha H_S, M_\alpha)$ pontban visszatérő hiszterézisgörbe mentén. A szaturációs térerősség hengerelési irányban $H_S = 340$ A/m, keresztirányban pedig $H_S = 1693$ A/m.

A következő elliptikus interpoláció egyenletesen alakítja egyik felületet a másikba az M vektor és a könnyű mágnesezési irány közötti szög függvényében:

$$E(\alpha, \beta) = \sqrt{E_e^2(\alpha, \beta) \cos^2 \theta_m + E_h^2(\alpha, \beta) \sin^2 \theta_m}. \quad (2)$$

Hasonlóan kell interpolálni a szaturációs térerősséget (az Everett felületek H léptékéhez).



3. ábra. Könnyű irányban való szaturációt követő, különböző állandó
télerősségértékkel végzett forgó mágnesezési folyamatok.

A mágnesezettség nagyságát a klasszikus Preisach modell adja, melynek adatbázisa a mágnesezettség és a könnyű mágnesezési irány közötti szögnek megfelelő Everett felület, bemeneti mennyisége pedig a mágneses térerősség mágnesezettségre eső vetülete ($H \cos \theta_{hm}$).

A modellezett vasmaglemezre $H_k = 100$ A/m anizotrópiateret tételezünk fel. Az (1) egyenletet az:

$$\varepsilon(\theta_m) = (H \sin(\theta_h - \theta_m) - H_k \sin 2\theta_m)^2 \quad (3)$$

hibafüggvény minimalizálásával lehet megoldani.

3. Számítási eredmények

Tekintsük a következő forgó mágnesezési folyamatot: a lemezt hengerelési irányban szaturációig mágnesezzük, majd a mágneses térerősséget H_0 értékre csökkentjük, azután pedig az állandó nagyságú térerősségvektort lassan forgatjuk. Az első körforgásra kapott eredmények a 3. ábrán láthatók.

4. Következtetések

Az anizotróp ferromágneses anyagok általános mágnesezési körülmények (a lemez geometriája, a térerősségvektor iránya és nagysága) közötti viselkedésének leírására szükség van egy vektoriális mágneses hiszterézismodellre. Kvázistatikus (a mágneses mennyiségek változási sebessége kicsi), kétdimenziós (a térerősség és mágnesezettség vektorok a lemez síkjában találhatók) esetre a feladat megoldható a mágnesezettség nagyságának a térerősség mágnesezettségre eső vetületéből klasszikus Preisach modellel való számításával és a mágnesezettség irányának a térerősség és az anizotrópiater által mágnesezettséggel képezett nyomatékok egyensúlyából való meghatározásával. A kapott modell térszámításra alkalmas, a lemezt e modell által leírt mágneses részecskék sokaságának tekintve és minden pontban a mágnesezettséget az ott aktuális térerősséggel számítva.

Irodalomjegyzék

1. H. Pfützner: Rotational Magnetization and Rotational Losses of Grain-Oriented Silicon Steel Sheets - Fundamental Aspects and Theory, *IEEE Trans. on Magnetics*, **30** (1994) 2802 - 2807.
2. I.D. Mayergoyz, Mathematical Models of Hysteresis, Springer, New York, 1991.
3. E. Della Torre, F. Vajda, Vector Hysteresis Modeling for Anisotropic Recording Media, *IEEE Trans. on Magnetics*, **32** (1996) 1116-1119.

Dr. Füzi János, egyetemi docens

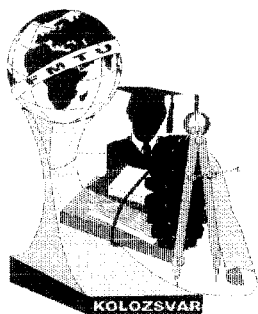
Transilvania Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Politehnicii 1-3, 2200 Brassó, Románia

Tel. & Fax: +40 68 143116; E_mail: fuzi@leda.unitbv.ro

Bolyai János ösztöndíjas (BO/00920/98 – Magyar Tudományos Akadémia)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék,

H-1521 Budapest, Magyarország; Fax: +36 1 463 3189; E_mail: fuzi@evtsz.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A KLASSZIKUS PREISACH MODELL VEKTORIÁLIS ÁLTALÁNOSÍTÁSA

Füzi János

Summary – A vector generalization of the classical Preisach model is proposed to describe the static 2D vector magnetic behaviour of isotropic – non-oriented – silicon iron steel sheets. A theoretical magnetic particle, endowed with orientation in the sheet's plane is introduced to depict the relationship between the field strength vector at the surface of the sheet and space-averaged magnetization vector through its cross-section. The magnitude of magnetization is governed by a classical Preisach operator. Its input is the projection of the field strength vector on the magnetization direction, while its orientation is determined by the equilibrium between the field strength orientation and a friction-like resistive torque which simulates the tendency of magnetization to lag behind the field strength variation. The behaviour of the model is studied in various conditions and the results compared to experiments reported in literature.

1. Bevezetés

A ferromágneses anyagok viselkedése igen bonyolult. Az egyik legjellemzőbb tulajdonság a mágnesezettség változásának lemaradása a mágneses térerősség változása mögött (hiszterézis). Ennek következtében még a mágneses szempontból izotróp (lemágnesezett állapotban minden irányban ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkező) anyagok is, ha bizonyos irányú (előző mágnesezési folyamatból származó) remanens mágnesezettséggel rendelkeznek, az ettől eltérő irányokban már nem mutatnak azonos tulajdonságokat. Ezért jellemzésükhöz vektoriális hiszterézismodellre van szükség.

A klasszikus Preisach model [1] hatékonyan leírja a skaláris hiszterézissel jellemezhető folyamatokat (amelyekben a térerősség és mágnesezettség vektorok mindvégig párhuzamosak – például gyűrű alakú lemezekből álló, egyenletesen tekercselt vasmagokban, vagy végtelen lemezekben, ezek síkjával párhuzamos, állandó irányú gerjesztés esetén). Elektromágneses térszámítással összekapcsolva pontos örvényáramszámítás végezhető izotróp ferromágneses közegekben [2]. Skaláris Preisach részecskékkel helyettesítve a mágneses anyag doménszerkezetét (ezáltal egyszerűsítve a feladatot, mégis figyelembe véve a doménszerkezet makroszkópikus hatását) számos mérnöki feladat megoldására hatékony numerikus eszköz készíthető [3 - 5].

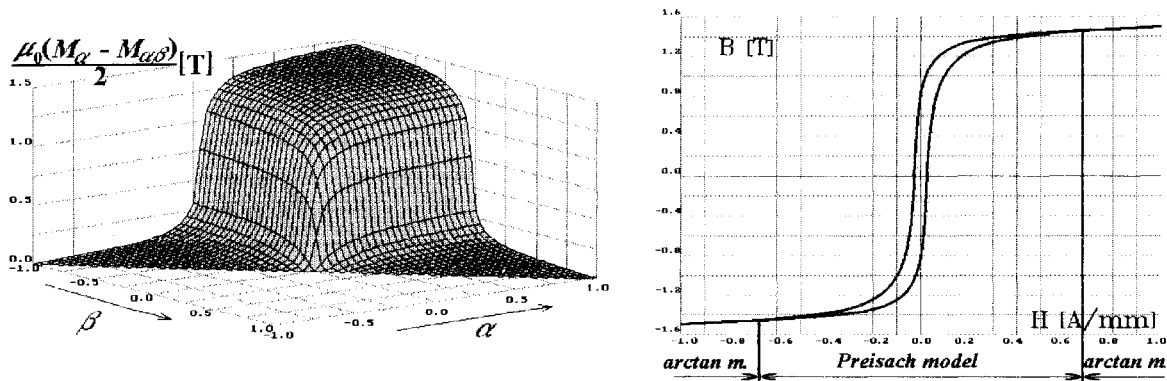
Az általánosabb, vektoriális esetben a térerősség és magnetizáció vektorok izotróp anyagokban sem párhuzamosak a remanencia miatt (mágneses múlt által indukált anizotrópia).

2. A modell leírása

Egy, forgó villamosgépek gyártásánál használt, izotróp vasmaglemez (0.5 mm vastag STABOCOR 250-50 A) Everett felülete [1] látható az 1. ábrán (ez a lemez a gyártási technológia miatt bizonyos mértékben anizotróp, de ettől itt eltekintünk), ahol $\alpha = H / H_S$ növekvő H , $\beta = H / H_S$ csökkenő H esetén, $H_S = 674$ A/m, valamint a mágnesezési modell analitikus kiterjesztése nagyobb térerősségtértékekre:

$$B(H) = \begin{cases} \mu_0(M_S + H) + m \tan^{-1}[k(H - H_S)]; & H > H_S \\ \mu_0(M_S + H) + m \tan^{-1}[k(H + H_S)]; & H < -H_S \end{cases} \quad (1)$$

ahol $m = 0.29$ T ; $k = 0.42 \cdot 10^{-3}$ m/A ; $\mu_0 M_S = 1.457$ T.



1. ábra. A STABOCOR 250-50 A lemez Everett felülete és modelljének analitikus kiterjesztése.

A vektormodell felépítéséhez egy vektoriális Preisach részecskét értelmezünk (2. ábra), mely irányított hiszterézisoperátorokból áll. Az egyes operátorok mágnesezettségének nagyságát a klasszikus Preisach modell adja, a mágneses térerősségnek az illető operátor irányára eső vetületét használva bemeneti mennyiségként. A térerősség és az adott operátor mágnesezettsége közötti szöget a mágnesezettséget a térerősség irányába forgatni igyekvő $H \times M$ nyomaték és egy súrlódásszerű, M^2 -tel arányos (főként a doménfalak letapadásának betudható [6]), ellenálló nyomaték egyensúlya határozza meg:

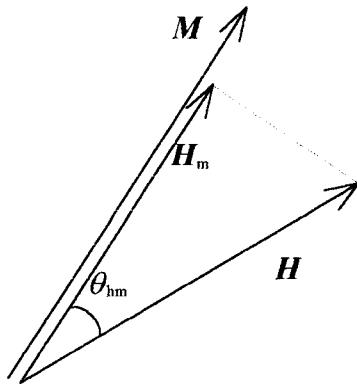
$$|HM \sin \theta_{hm}| \leq \xi M^2. \quad (2)$$

A mágnesezettség iránya egy súrlódásszerű mechanizmus szerint áll be (akkor változik, ha az aktív nyomaték legyőzi az ellenálló nyomatékot):

$$|\sin \theta_{hm}| \leq \xi \frac{M}{H} \quad (3)$$

A különböző operátorok ξ súrlódási együtthatója különböző lehet és az egyes operátorok kimeneti mennyiségének súlyozott közepe adja a részecske mágnesezettség vektorát. A súrlódási együtthatók és a súlyok meghatározását kétdimenziós mágneses mérések tehetik lehetővé. Itt feltételezett értékeket adunk az illető együtthatóknak.

A bevezetett vektoriális részecske n operátorból áll, kimenetük nagyságát a klasszikus Preisach modell adja, $H_m = H \cos \theta_{hm}$ bemenetre, irányításukat pedig a:



2. ábra. Térerősség és mágneszettség vektorok.

$$|\sin \theta_{hm}| \leq \xi_k \frac{|M_k|}{M_s} \frac{H_s}{|H|}; \quad k = \overline{0, n}, \quad (4)$$

összefüggés vezérli. A feltételezett súrlódási együtthatók:

$$\xi_k = 0.2 \frac{k}{n}; \quad k = \overline{0, n}. \quad (5)$$

A részecske eredő mágneszettsége:

$$\mathbf{M} = \sum_{k=0}^n \zeta_k \mathbf{M}_k, \quad (6)$$

ahol a feltételezett súlyok:

$$\zeta_k = 2 \frac{k+1}{(n+1)(n+2)}; \quad k = \overline{0, n}; \quad \sum_{k=0}^n \zeta_k = 1. \quad (7)$$

3. Számítási eredmények

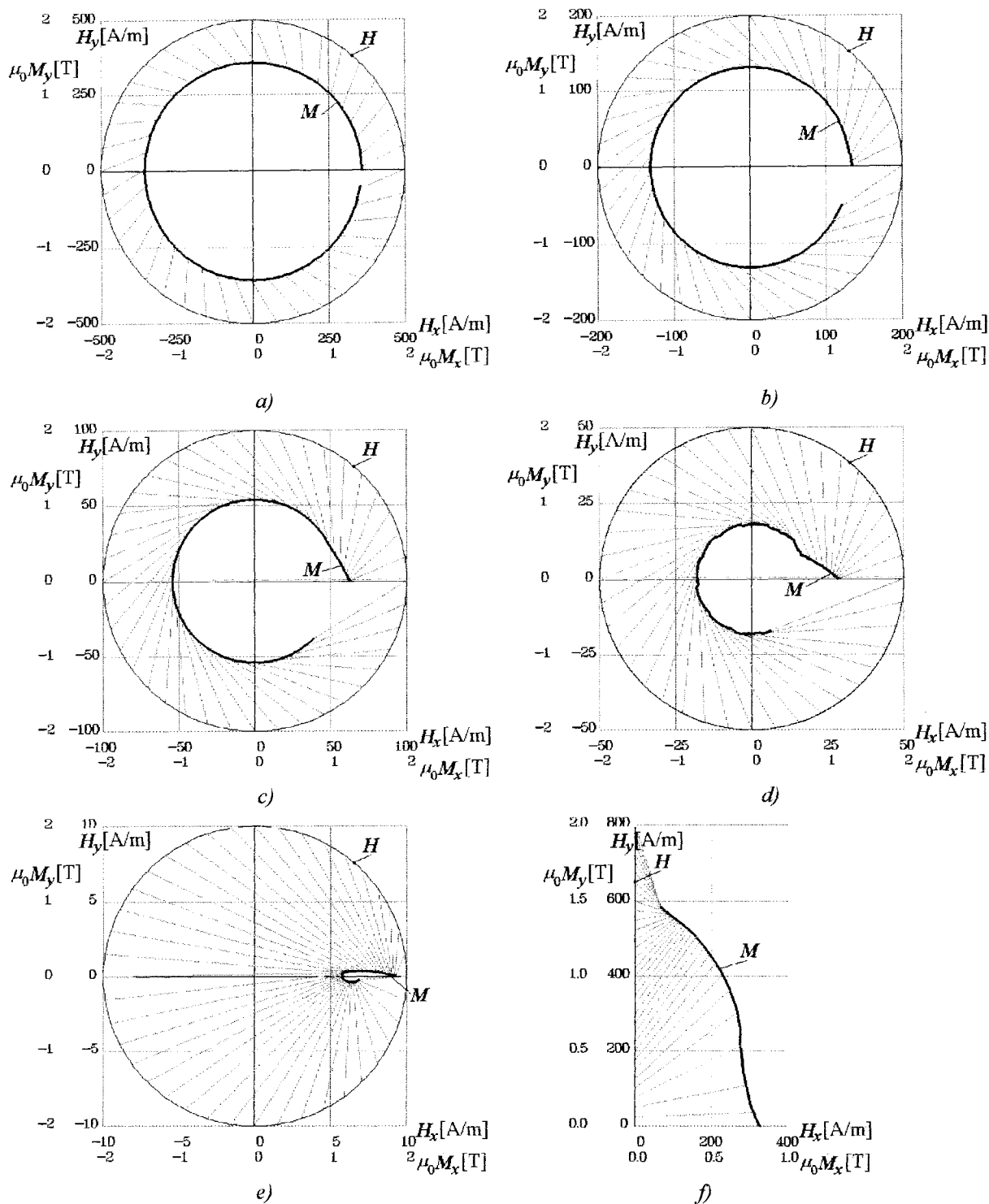
Forgó mágnesezési folyamatok szimulációs eredményei láthatók a 3.a-e ábrán. Előbb a lemezt x irányban szaturációig mágnesezzük, majd a térerősséget bizonyos értékig csökkentjük, ezután ezt az értéket állandóan tartva lassan forgatjuk. A mágneszettség térerősséghez viszonyított lemaradási szögét a két vektor csúcsait összekötő vékony vonalak szemléltetik. A kapott eredmények hasonlóak a szakirodalomban található kísérleti eredményekhez [7]. Az x irányú szaturációt majd a térerősség nullára csökkentését követő y irányú mágnesezési folyamat látható a 3.f ábrán (mágnesesen indukált anizotrópia).

4. Következtetések

Egy egyszerű vektor hiszterézismodell építhető a klasszikus Preisach modell és a mágneszettségvektor elfordulását szabályozó súrlódásszerű mechanizmus segítségével. A modell viselkedése hasonló a kísérleti eredményekhez. Előnyei a viszonylag egyszerű numerikus implementáció és az alacsony gép-ido- és memóriaszükséglet.

Irodalomjegyzék

1. I.D.Mayergoyz, *Mathematical Models of Hysteresis*. Springer, New York, 1991.
2. R.M. Del Vecchio: Computation of Losses in Nonoriented Electrical Steels from a Classical Point of View, *Journal of Applied Physics* **53** (1982) 8281 - 8286.
3. J. Füzi: Computationally Efficient Rate Dependent Hysteresis Model, *COMPEL*, **13** (1999) 445-457.
4. J. Füzi: Electrical Circuit Analysis Considering Hysteresis in Coil Cores, Proc. 14th Ann. Rev. of Progr. in Appl. Comp. Electromagn. - *ACES* (1998) 291 - 296.
5. G. Bertotti: Dynamic Generalization of the Scalar Preisach Model of Hysteresis, *IEEE Trans. on Magnetics*, **28** (1992) 2599 - 2601.
6. A.J. Bergqvist: Magnetic Vector Hysteresis Model with Dry Friction-Like Pinning, *Physica B*, 1997.
7. S.H. Charap, A. Ktena: Vector Preisach Modeling, *Journal of Applied Physics* **73** (1993) 5818 - 5823.



3. ábra. Különböző mágnesezési folyamatok szimulációja.

Dr. Füzi János, egyetemi docens

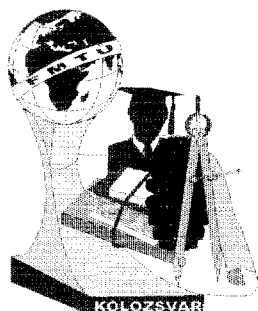
Transilvania Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Politehnicii 1-3, 2200 Brassó, Románia

Tel. & Fax: +40 68 143116; E_mail: fuzi@leda.unitbv.ro

Bolyai János ösztöndíjas (BO/00920/98 – Magyar Tudományos Akadémia)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék,

H-1521 Budapest, Magyarország; Fax: +36 1 463 3189; E_mail: fuzi@evtsz.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

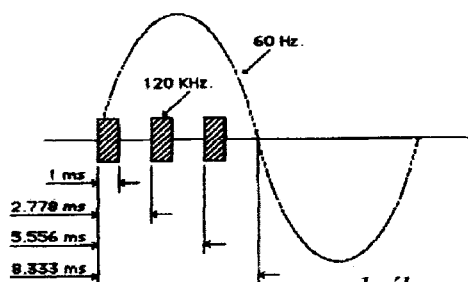
Erősáramú hálózat mint adatátviteli csatorna. Az X10-es szabvány és erre épülő alkalmazások

Csernáth Géza

Summary

The X-10 code format is the standard for Power Line Carrier (P.L.C.) transmission. The code format was first introduced in 1978 for the Sears Home Control System in U.S.A. X-10 transmission are synchronized to the zero crossing point of the AC power line. A binary 1 is represented by a 1 millisecond burst of 120 KHz at the zero crossing point and a binary 0 by the absence of 120KHz. A complete code transmission encompasses eleven cycles of the power line. A code packet generally contains Start, House, Unit or Operation and Function code. With some appliance module, like electrical switches, dimmers, based on this communications standard, the people will be able to controlling the lights sources and security systems in a house.

Az X-10-es kommunikációs szabvány, tervezési feltételek



1. ábra

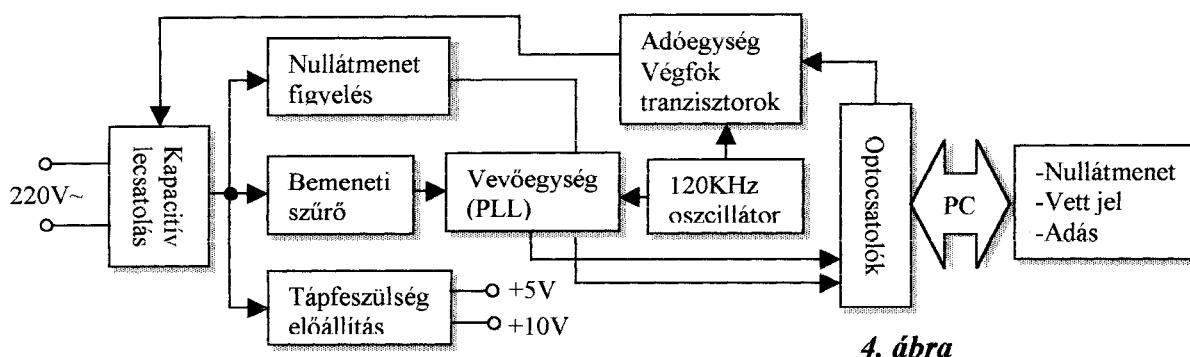
Az erősáramú hálózati vezeték mint adatátviteli csatornát már a 60-as években használják a villamosenergia iparban, a magasfeszültségű vezetékhálózat karbantartási munkálatainál valamint az elosztóállomások közötti jelátvitelre. Szabványosított formában

1978-ban bukkan fel az Egyesült Államokban egy háztartási automatikával foglalkozó cég szabadalmaként. Az X10-es szabvány a 110-220-380V-os, váltakozó áramú, két vagy három fázisú, 50-60Hz-es hálózatokra vonatkoztatva előírja, hogy „1”-es értékű logikai jelek átvitelére a nullátmenettől számított 1 μ sec időtartamig egy 120KHz-es, minimum 5V-os jelet, sugározzunk a szinuszos hordozón. A „0”-ás logikai értéket, hasonlóan vonatkoztatva, a 120Khz-es jel hiánya jelenti. Az 1-es ábrán egy háromfázisú hálózatra vonatkoztatva ábrázoltuk a fentebb leírtakat, feltüntetve a fázisonkénti időeltolódásokat.

A szabvány rögzíti a továbbított információra vonatkozó szabályokat is. Ezek szerint az átvitel hibaszálalékának csökkentése érdekében bizonyos fokú jelismétlődést

Adó-vevő alegység

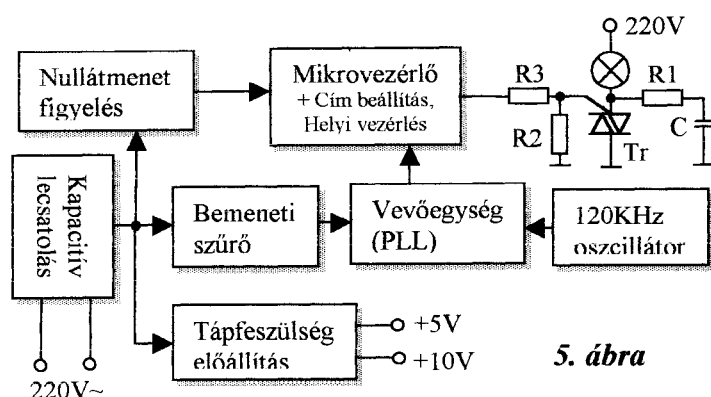
Mint minden hálózati kommunikáció alapja, az adó-vevő alegység kifejlesztése elsőrendű szükséglet. Ez biztosítja a kommunikációs protokoll legalsó, fizikai szintjét. Erre épül a felsőbb, logikai szint, majd erre a szimbólikus, felhasználó számára is érthető cím és parancsrendszer. Technikai részletek (alkatrészértékek) ismertetésétől jelen dolgozatban szerzői jogi megfontolásokból, eltekintünk. Bemutatjuk azonban a kifejlesztett egységek elvi felépítését (4-es ábra) és működését.



Az 220V-os váltófeszültség egy nagyfeszültségű kondenzátoron halad át. Nagy arányú feszültségesés mellett viszonylag kis áramot kapunk (20mA) ez azonban elegendő a kis áramfogyasztású alegységek táplálásához. A nullátmenet figyelést megfelelően polarizált darlington csatolású tranzisztorpárral oldottuk meg. E fokozat kimenete optikai leválasztón keresztül halad tovább a mikrovezérlő vagy számítógép bemenete felé. A segéd tápok előállítását a végfoktranzisztorok valamint a vevőegység áramellátása indokolta. A bemeneti sávszűrő 120KHz-re hangolva csak ezt a frekvenciakomponenst engedi tovább a vevőegység előerősítője majd innen a PLL bemenetére. A PLL kimenete szintén optikailag leválasztva halad tovább. A fáziszárt hurok referenciáját szolgáltatja a 120KHz-es helyi oszillátor, ugyanakkor az oszillátorból nyert jellel moduláljuk a végfoktranzisztorokon keresztül a 220V-os hordozót. A PLL alkalmazásával elértük, hogy viszonylag gyenge vett jel esetében is ráhangolódjon a vevő a 120KHz-es modulációra. Az optócsatolón keresztül érkező vezérlő jel a helyi 120KHz-es oszillátor kimeneti jelét csatolja a végfok bemenetére.

Távvezérelt fényforrások, házi elektronikai készülékek

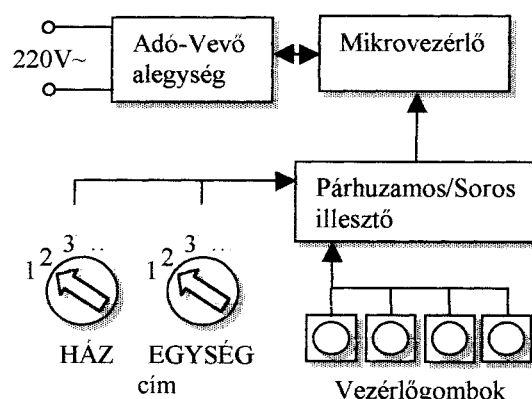
A előbbieken ismertetett adó-vevő alegységet használva távvezérelhető fényforrásokat vagy erősáramú kapcsolókat valamint ezek távirányítóit, vezérlőegységeket alakíthatunk ki. Ezekkel a családi ház erősáramú csatlakozó aljzataiba bárhol behelyezhető alegységekkel különböző elemi automatizálási feladatokat oldhatunk meg. A távvezérelt kapcsoló valamint távvezérlő alegység elvi vázlatát az 5-ös ill. 6-os ábra mutatja.



5. ábra

A távvezérelt kapcsoló központi egysége egy 14 bites RISC mikrovezérlő. Feladatai közé tartozik a vett üzenetek dekódolása, a címek egybevetése a helyi beállításokkal, a parancs értelmezése valamint a triák vagy relé vezérlése. Működés

közben folyamatosan figyeli a vonalat, összegyűjti majd feldolgozza a vett jeleket, ezzel egy időben a helyi vezérlőgombok állapotát is figyelembe véve adja ki a triák vezérlőjeleit. A távvezérlő feladata, hogy a ház bármely csatlakozó aljzatába helyezve tetszőleges címbeállítású végrehajtó (kapcsolók, fényerő szabályzók) alegységeket működtessen. Üzembe helyezéskor a távvezérlő címbeállító módban indul. Ilyenkor állíthatjuk be a távvezérelt egységek címét melyeket a későbbiekben vezérelni fog. Működése közben állandóan figyeli a hálózaton bonyolított kommunikációt, üzeneteket csak szabad vonalon küldhet ezért mindig ki kell várnia amíg adásszünet áll be. Ha saját üzenete adása közben ráfutást (kollízió) észlel adását azonnal megszakítja, kivárja a zavaró jelsor megszűntét majd ismét megpróbálja leküldeni a megszakított üzenetét. Saját azonosító címmel rendelkezik, így számítógéphez csatolt X-10-es adóvevő egységgel is tetszőlegesen felprogramozhatjuk.



6. ábra

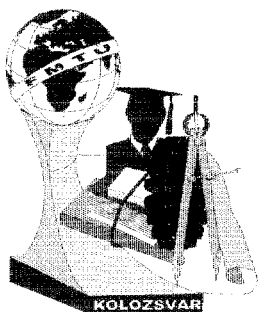
Lehetséges alkalmazási területek

Számítógéppel, Interneten, mobiltelefonon keresztül vezérelhető, ellenőrizhető házi automatika, mozgássérülteket segítő rendszerek irányítása, biztonságtechnikai berendezések felügyelete, hőmérséklet és egyéb állapotjelzők figyelése, rögzítése.

Irodalomjegyzék:

- [1] Mikrochip - Embedded control handbook 1997 Chandler USA
- [2] Microchip - PIC16/17 microcontroller data book Vol I. 1997 Chandler USA
- [3] Dr. Madarász László - a PIC16C mikrovezérlők 1996 G.A.M.F. Kecskemét
- [4] National Semiconductor - Data Acquisition data book 1997 USA
- [5] U. Tietze Ch. Schenk - Analóg és digitális áramkörök 1996 Műszaki Könyvkiadó
- [6] Dave Rye - X-10 Powerhouse - Technical Note Revision 2.4 USA

Csernách Géza automatizálás és ipari informatika mérnök
IntegraSoft Kft. Marosvásárhely T. Vladimirescu u. 65/3 (e-mail: csgeza@intgrasoft.ro)



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

FOLYAMATOS ÖNTÉS ÉS TÉRFOGATVÁLTOZÁS

dr. Réger Mihály¹⁾, Szélig Árpád²⁾, dr. Verő Balázs³⁾, Magyar István, Králik Gyula⁴⁾,

¹⁾ Bánki Donát Műszaki Főiskola, Budapest

²⁾ Dunafer Acélművek Kft., Dunaújváros

³⁾ Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet, Budapest

⁴⁾ Dunafer Kutatóintézet, Dunaújváros

Abstract: The paper deals with volume changes, which are developed during the solidification of continuously cast slabs. Two different types, inner and outer volume change constraints can define, and the difference between them has a great effect on the inner quality of slab. On the basis of investigating of steady state conditions some consequences can be taken on non-steady state processes.

1. Bevezetés, előzmények

Acél brammák folyamatos öntése során az öntött szál megdermedése viszonylag hosszú időt igényel. A hagyományos öntőgépek geometriai és sebességviszonyai között a 0,5 m/perc sebességgel öntött szál mintegy 20 perc alatt szilárdul meg teljes keresztmetszetében, eközben a szál az öntőgépben 10 m-nyi távolságot tesz meg, vagyis a tócsamélység 10 m körül van.

Állandósult állapotú viszonyok között a kristályosítóba beáramló olvadék hőtartalma és az öntőgép különböző szerkezeti egységeiben elvont hőmennyiség között egyensúly van. A dermedési folyamat közben kialakuló, kristályosodással összefüggő térfogatváltozásból adódó méretváltozásokkal az öntőgép szerkezeti elemeinek (kristályosító, támgörgők) beállításai meghatározott összhangban kell legyenek, az öntés során bekövetkező repedések, szelvénytorzulások, nemkívánt áramlási, dúsulási folyamatok elkerülése érdekében. Különleges problémákat vethet fel az, hogy normál üzemmenet során nem állandósult állapotú jelenségek is történnek, pl. a szál gyorsítása, vagy lassítása során.

Mind az állandósult, mind a nem állandósult viszonyok között a fenti problémák a kristályosodás közben kialakuló térfogatváltozásokkal is kapcsolatosak. Az elmúlt időszakban egy olyan számítási módszer kidolgozására tettünk kísérletet, mellyel a kristályosodási folyamatból és az öntőgép szerkezeti elemeinek beállításából adódó geometria összhangja ellenőrizhető, számítható. Az állandósult állapotra vonatkozó számítások alapján – bizonyos feltételezések mellett – a nem állandósult viszonyok között kialakuló tendenciák becslésére is lehetőség van.

2. Elméleti háttér, és számítási metodika

A kristályosodás során kialakuló térfogatváltozás nyomonkövetése leginkább azért problematikus, mert a folyamat során szinte minden paraméter – a brammák keresztmetszetében és hosszában is - folyamatosan változik. A dermedés során megnő az öntött szál sűrűsége, változik a fajtérfogata, a lineáris mérete, stb., miközben a szálban belső lunkerek, pórusok képződését sem lehet kizárni. A szál belsejében elhelyezkedő folyékony olvadékmag ferrosztatikus nyomása a meniszkusztól mért távolság függvényében nő, melynek hatására a kéregben alakváltozási folyamatok történnek, ezek az öntött szál vastagsági és szélességi méretének növekedése irányában hatnak.

A vázolt nehézségek miatt – némileg leegyszerűsítve a fenti problémakört - két, különböző módon értelmezett térfogatváltozási mérték fogalmát vezettük be az alábbiak szerint:

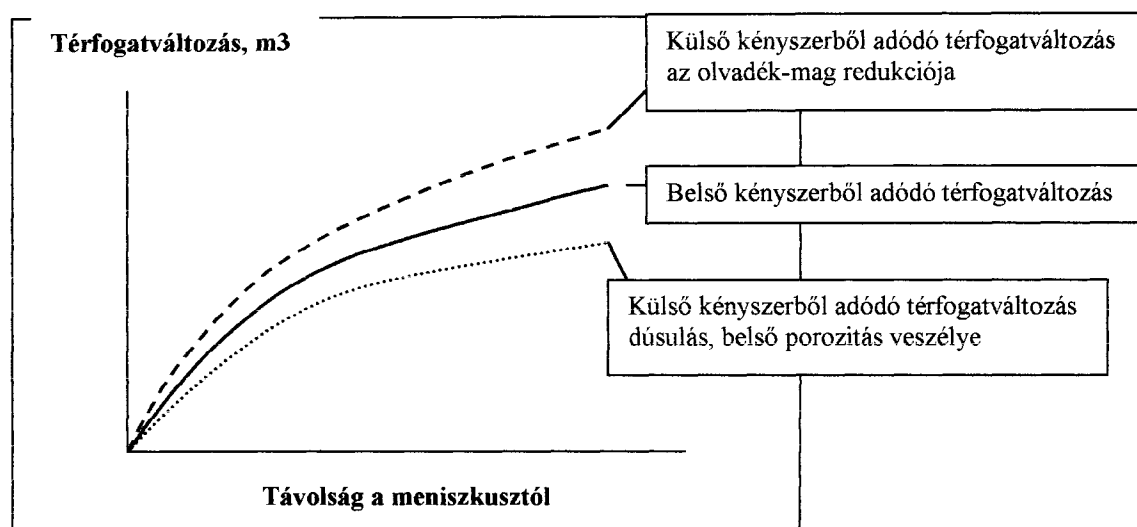
- Állandósult állapotban (ha az öntési paraméterek állandóak) a ferrosztatikus nyomás, a szilárd kéreg mechanikai viselkedésének eredményeként, valamint az öntőgép szerkezeti elemeinek elhelyezkedéséből adódóan kialakul az öntött szál geometriája. Tegyük fel, hogy a szelvény minden metszetében a széles és keskeny oldalak alakváltozása kívülről korlátozott, bár ez valójában csak a vastagsági méretre, és arra is csak részben igaz. A kristályosító és a támgörgők beállításának eredményeképpen tehát a meniszkusztól lefelé haladva az öntött szál keresztmetszete folyamatosan csökken, mely csökkenésből a szál adott szakaszára számítható egy térfogatváltozás. Legyen ez a külső kényszerből adódó térfogatváltozás.

- Definiálható emellett egy ún. belső kényszerre visszavezethető térfogatváltozás is, melynek oka a lehűlő és kristályosodó acél sűrűségének növekedésében rejlik. Ez a térfogatváltozás három komponensből tevődik össze: egyrészt az olvadéknak az öntési hőmérséklet és a likvidusz közötti fajtérfogat csökkenéséből, másrészt az olvadék kristályosodásával együjtjáró fajtérfogat változásból, harmadszorban pedig a már kristályos kéreg további hűlésével kapcsolatos fajtérfogat csökkenésből.

A fenti értelmezés szerinti belső és külső kényszerből adódó teljes térfogatváltozás az öntés egészére nézve azonos, ha a belső lunkerek és pórusok hatásától eltekintünk. A kétféle térfogatváltozás összhangjához azonban az is szükséges, hogy a térfogatváltozások az öntési folyamat során az idő függvényében is illeszkedjenek egymáshoz.

A buga belső minősége, a belső dúsulás, porozitás, lunkeresség szoros összefüggésben van a térfogatváltozások egymáshoz viszonyított arányával. Ha a külső kényszer kisebb, mint a belső, akkor a szál középső részének kristályosodása során olvadék utánpótlásra van szükség. Ezt az esetet illusztrálják a 1. ábra diagramjának középső (belső kényszerből adódó térfogatváltozást reprezentáló) és alsó (a belső kényszersnél kisebb külső kényszerszert ábrázoló) görbéi. Ha van lehetőség olvadék beszívargására a szál felsőbb részeiből, akkor dúsulási veszély áll fenn, ha pedig nincs olvadékaramlásra lehetőség a kristályosodási hídképződés következtében, akkor porozitás, lunkeresség fordulhat elő. Fordított esetben, ha a külső kényszer nagyobb, mint a belső, akkor az utoljára megdermedő olvadék mintegy kipréselődik a pépes zónából, így a dúsulás és lunkeresség kialakulásának esélye is csökken (lásd. a 1. ábra felső, a belső kényszersnél nagyobb térfogatváltozást reprezentáló görbéje). Ezen a jelenségen alapul a folyamatos öntés új elemeként nemrég kifejlesztett olvadék-mag redukciós eljárás.

Az elvégzett számítások célja a térfogatváltozással kapcsolatos viszonyok ellenőrzése volt a Dunai Vasmű Acélművek Kft. függőleges folyamatos öntőgépére vonatkozóan. A fentiekből is kiderül, hogy a térfogatváltozások pontos meghatározásához egy sor specifikus adat szükséges. Ezek egy része mérhető, másrésze viszont csak matematikai modellekből becsülhető. Számításaink során nagymértékben támaszkodtunk a helsinki egyetemen kifejlesztett matematikai modellekre, szoftverekre, nevezetesen az acélok fizikai jellemzőinek számítására szolgáló IDS és az állandósult állapotú folyamatos öntést leíró TEMPSIMU szoftverre.

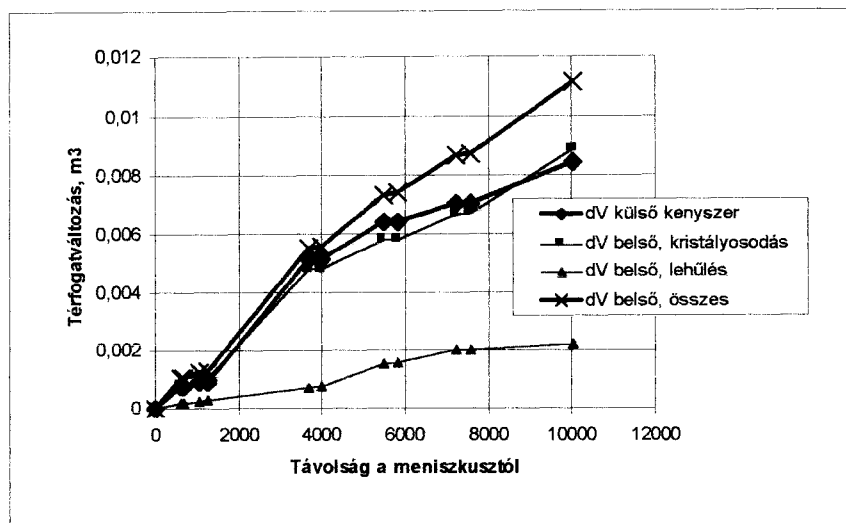


1. ábra Vázlat a külső és belső kényszerek viszonyának értelmezéséhez

3. Eredmények, következtetések

A külső és belső kényszerből származó térfogatváltozások halmozott összegét mutatja be a 2. ábra. Ebből, az előző fejezetben tárgyalt feltételezések alapján az alábbi főbb következtetések vonhatók le:

- A külső kényszerből adódó térfogatváltozás az öntőgép minden egységében kisebb, mint a belső kényszer okozta összes térfogatváltozás. Ez azt jelenti, hogy amint a szál halad lefelé, a kristályosodás eredményeként képződött térfogathiányt nem kompenzálja a külső, geometriából adódó térfogatcsökkentés, azaz az így létrejött térfogatrészekbe a szál felső részéről olvadék áramolhat. Ha az olvadék áramlására nem adottak a feltételek (pl. híd képződés miatt), akkor ezeken a részekben belső lunkerek képződésére lehet számítani.
- A belső kényszerként értelmezett térfogatváltozás két komponense közül a kristályosodásból adódó rész a vizsgált szakaszokban a teljes érték 80 %-a körül mozog, azaz ez a meghatározó, döntő hányad. A kristályosodás befejeződése után a szilárd fázis hűléséből adódó komponens lesz a döntő a buga átlaghőmérsékletének változása függvényében.
- A külső és a belső kényszerből adódó térfogatváltozási görbe az öntőgép első szakaszában jó közelítéssel együtt halad, a különbség a meniszkusztól számított negyedik méterről viszont határozottan nő.



2. ábra A külső és belső kényszerekből származó halmozott térfogatváltozások

4. Összefoglalás

Az előadás folyamatosan öntött acélok kristályosodásával kapcsolatos térfogatváltozási jelenségekkel foglalkozik, bemutat egy számítási módszert és az eredmények interpretációjának lehetőségét is vázolja. Maga a számítási eljárás egyszerű, hiszen geometriai megfontolásokon alapul, viszont több olyan bemenő adat ismeretét is feltételezi, amelyek primer módon nem állnak rendelkezésre. Ezen adatok két csoportra oszthatók. Egyik részük más matematikai modellekből kiszámíthatóak, becsülhetőek, mint pl. sűrűség hőmérsékletfüggése egy adott összetételű acél esetében, vagy pl. a szilárd kéreg vastagságának változása a meniszkustól való távolság függvényében, stb. Fontos hangsúlyozni, hogy a térfogatváltozásra vonatkozó számítások ilyen, megbízható és kontrolált modellek hiányában el sem végezhetők. A szükséges adatok másik része elvileg mérésel meghatározható (pl. a széles oldali méret változása állandósult, vagy nem állandósult állapotban), de jelenleg ezekre vonatkozóan csak becsléseink vannak.

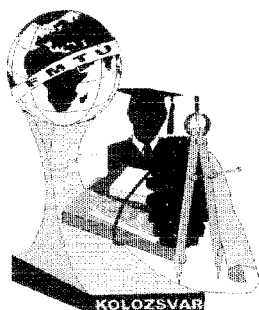
Az előadás alapvetően azonban nem is a konkrét értékek tükrében kívánja értékelni az eredményeket, hiszen ezek alapvetően a bemenő adatok pontosságán múlnak. Fontosnak tarjuk viszont, hogy a fenti gondolatmenet tükrében új megvilágításba kerülhet a gépészeti, technológiai paraméterek és az öntött szál minősége közötti kapcsolat, hiszen ez utóbbi, pl. a belső lunkerek vonatkozásában egyértelműen összefüggésbe hozható a külső és belső térfogatváltozások egyensúlyával. A két görbe egymáshoz viszonyított helyzetének, alakjának módosításán, vagyis gépészeti és technológiai paraméterek változtatások hatására lehetőség adódik a bramma belső szövetszerkezetének javítására.

Dr. Réger Mihály

Budapesti Műszaki Főiskola, H-1092, Budapest, Népszínház u. 8.

Tel.: 1-3141438, Fax: 1-3336761

E-mail: reger@zeus.banki.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

SZERSZÁMPÁLYA MEGHATÁROZÁSA KOMPLEX FELÜLETEK 3 TENGELYŰ NC SZERSZÁMGÉPEN VALÓ MEGMUNKÁLÁSA ÉRDEKÉBEN

REVNIC Ildikó*), GYENGE Csaba**), DAMIAN Mihai***)

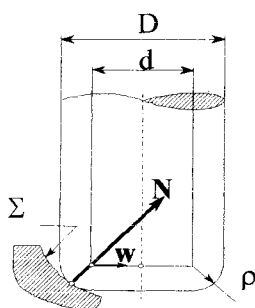
SUMMARY The processing of the complex surfaces on a 3-axis NC machine-tool allows to reach only the regions of the part that are accessible for a milling-tool with the axis parallel to the spindle of the machine-tool. The paper deals with the calculation of the too-path for processing complex parts on a 3-axis NC machine-tools equipped with a milling device that may be inclined.

1. Általános szempontok

A dolgozat keretében a komplex felületek megmunkálási lehetőségeit mutatjuk be egy olyan mechanizmus segítségével, amely lehetővé teszi a szerszám elfordítását, úgy hogy annak tengelye egy φ szöget zárjon be a géptengellyel, és ily módon növeli a hozzáférhető felületet. Az általános programok, amelyeket a számítógép által irányított megmunkálás esetében használunk, nem foglalják magukba az ily módon irányított szerszám mozgásait. Az ilyen mechanizmussal ellátott szerszám gép technológiai képességei nagyon hasonlóak egy 5-tengelyű NC szerszám gép képességeihez. Az alapvető különbség a szerszám mozgásában áll, amely a 3-tengelyű NC szerszám gépek sajátossága.

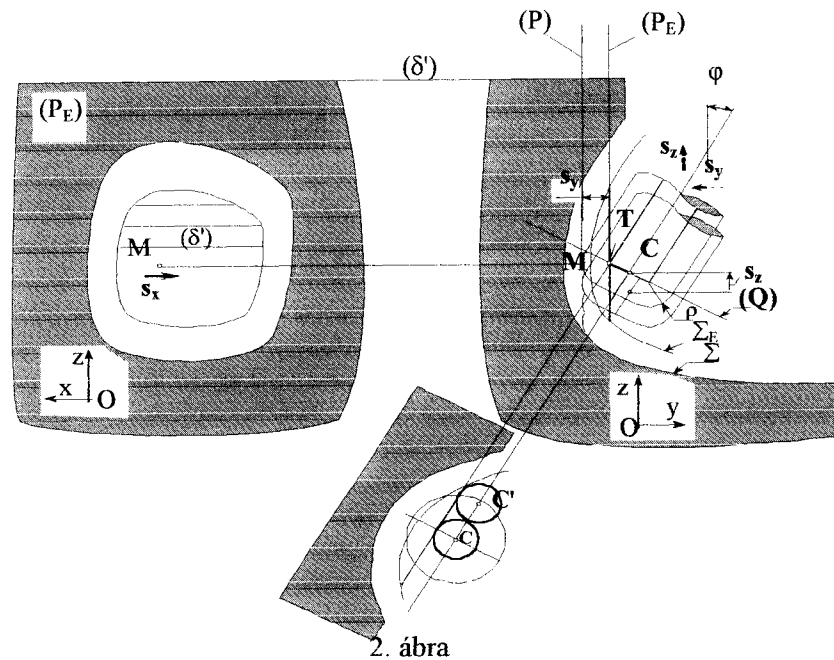
2. A megmunkálás kinematikája

3.



A megmunkálást egy tórusz-végű újmaró végzi (1. ábra). Elsőként feltételezzük, hogy a maró-tengely elfordítása nélkül dolgozunk. A 2. ábrán feltüntettük azokat az adatokat amelyeket egy Σ felület nagyolásához használunk, akkor amikor a szerszámtengelyt nem fordítjuk el. A nagyolás abban az esetben lehetséges, ha a szerszámot úgy mozgatjuk hogy a munkadarab és a szerszám érintkezési pontja, vagyis az M pont, egy, az Ox tengellyel párhuzamos (δ) egyenesen helyezkedjék el.

A d átmérőjű henger (lásd a 2. ábrát) ugyancsak érinti a T pontban a (δ') egyenest, amely a (δ)-val párhuzamos és a (P_E) síkban helyezkedik el.



A szerzők által ajánlott megmunkálási mód abban áll, hogy a szerszámot egy, az yOz síkkal párhuzamos síkban mozgatjuk addig amíg ez hozzáér a munkadarabhoz. A megmunkálás ezután a maró C középpontjának lineáris elmozdulása által történik. Ez a módszer megfelelőnek bizonyul, de a felület érdessége nagy. A simítási megmunkálást úgy valósítjuk meg, hogy a maró C középpontját sikerül egy, az yOz síkkal párhuzamos (Q) síkban tartanunk. A szerszám pályája meghatározott ha annak legalább egy pontja állandó érintkezésben van a Σ felülettel.

3. A szerszámpálya meghatározása a nagyolási megmunkálás esetében

A CAD/CAM rendszer által használt mértani modellek általában NURBS-felületek (nem egyenletes racionális B-spline felületek). Ahhoz hogy azokat a (δ') egyeneseket meghatározhassuk, amelyeken a szerszámmal tartozó T pont mozog, a Σ_E felületet egy sor, egymástól egyenlő távolságra levő párhuzamos síkkal metsszük. A szerszám által követett egyenes azon a T pontok mértani helye, amelyek egy ilyen síkhoz (a 2. ábrán P_E sík) ugyanakkor a d átmérőjű hengerhez tartoznak (lásd 1. ábra). A T pont x és y koordinátái ismertek, ugyanis ezeket a P_E sík helyzete és a szerszám C középpontjának z koordinátája határozzák meg. Az 1. ábra jelöléseit felhasználva meghatározhatjuk a következő vektoriális egyenletet, amely a T és a C pontok koordinátái közötti kapcsolatát fejezi ki:

$$\mathbf{C} = \mathbf{T} + (\frac{D}{2} - \rho) \cdot \mathbf{w}_2 \quad (1)$$

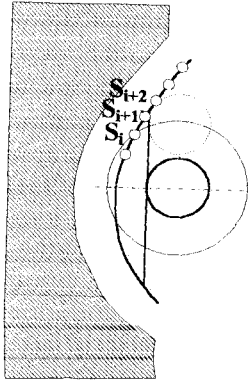
ahol a \mathbf{w} egységvektor, amely a (Q) síkban van, merőleges a szerszám tengelyére és tartalmazza a C pontot. A \mathbf{w} a következő vektoriális szorzattal határozható meg:

$$\mathbf{w} = \frac{\mathbf{a} \times (\mathbf{N} \times \mathbf{a})}{|\mathbf{a} \times (\mathbf{N} \times \mathbf{a})|} \quad (2)$$

Ahhoz hogy a (δ') egyenesen való elmozdulás határpontját meghatározhassuk, számba kell vennünk a (Q) sík és a Σ_E felület metszetét.

A metszet egy görbe, amelyen felvesszünk egy sor S_i pontot (3. ábra) és meghatározzuk a következő korlátozást, ami megelőzi a szerszám és a megmunkálandó felület interferenciáját:

$$|CS_i| < (d/2 + \varepsilon) \quad (3)$$



3. ábra

Az ε paramétert azért vezettük be az (3)-as egyenletbe, mert az teszi lehetővé, a simítási megmunkáláshoz szükséges ráhagyást. Ez az egyenlet kifejezi a helyi interferencia feltételét, a marószerszám interferenciáját a T pont közelében és a tóruszos részen. Miután a hasonlóságokat meghatároztuk, ezt a módszert 5 tengelyű NC szerszámgépen is használhatjuk, [1], ellenőrizve az interferenciát. Az egyetlen különbség az interferencia-pontból való kilépésből áll.

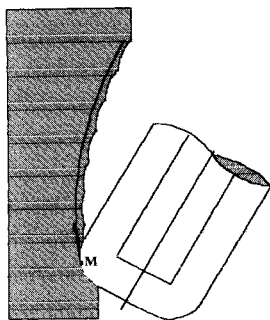
4. A szerszámpálya meghatározása a simítási megmunkálás érdekében

A simítási megmunkálás érdekében, feltételezve hogy a szerszámtengelyt az yOz síkban elfordítjuk (lásd 2. ábra), úgy kell a szerszámot mozgatnunk, hogy annak C középpontja a yOz síkkal párhuzamos (P) síkban maradjon (4. ábra).

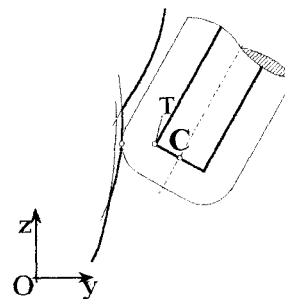
Meghatározhatjuk a szerszám középpontjának helyzetét, ha felhasználjuk a Σ felülethez tartozó M pont koordinátáit és annak helyzetvektorát, amely $\mathbf{r} = \mathbf{r}(u, v) = x(u, v)\mathbf{i} + y(u, v)\mathbf{j} + z(u, v)\mathbf{k}$, tehát a szerszám $C(u, v)$ középpontja [4]:

$$\mathbf{C} = \mathbf{r} + \rho \frac{\mathbf{N}}{|\mathbf{N}|} + \left(\frac{D}{2} - \rho \right) \frac{\mathbf{w}}{|\mathbf{w}|} \quad (4)$$

A fenti (4)-es egyenlet a $\Sigma_C(u, v)$ felület egyenlete. A szerszámpályát a Σ_C felület és a yOz síkkal párhuzamos (P) sík metszete határozza meg. Az ily módon megmunkált felület azonban valószínűleg nem folytonos részeket is tartalmaz.



4. ábra



5. ábra

A simítás esetében megjelenhető interferencia nagyobb figyelmet igényel mint a nagyolásnál megjelenő interferencia. A szerszám oldalfelülete és a megmunkálandó felület közötti interferencia korlátozza a szerszám által a (P) síkban leírt pályát. A szerszám tórikus részének a Σ felülettel való interferenciája akkor jelenik meg, amikor a $C(u,v)$ felület és a (P) sík metszete a metszési görbe. Ezen probléma megoldása érdekében a szerszámpályának csak olyan pontokat kell tartalmaznia amelyeken a szerszám áthaladhat. (lásd 5. ábra). A szükségtelen pontok eltávolításának algoritmusai nem komplikáltak, bemutatása a [3]-ban megfelelő.

5. Következtetések

Matematikai szempontból világos, hogy a megoldás nem nagyon körülményes, a pályameghatározás ugyanis a használatos CAM rendszerre alapozódik és hasznos lehet olyan megmunkálóknak akik nem rendelkeznek 5 tengelyű NC szerszámgéppel.

KÖNYVÉSZET

- [1] Rubio, W., Damian, M., Pastor, F. Usinage des formes complexes sur centre d'usinage 5 axes. In: MTM-93, A II-a conferință științifică internațională « Mașini și tehnologii moderne ». Cugir, 1993.
- [2] Gyenge, Cs. Application of the Frenet's trihedron in the planing form manufacturing technology of helical surfaces. GEPIGYARTASTECHNOLOGIA, Budapest n°. 5-6, 1992.
- [3] Damian, M., Rubio, W. Proiectarea asistată de calculator a formei și tehnologiei reperelor. Casa cărții de știință, Cluj-Napoca, 1999.
- [4] Marciniak, K. Geometric Modelling for Numerically Controlled Machining. Oxford University Press, 1991.

*) Doktorandusz, Kolozsvári Műszaki Egyetem (K.M.E), Románia

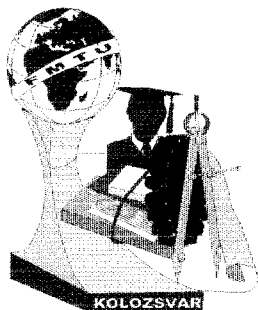
**) Tszv. egyetemi tanár, K.M.E, Románia

***) Egyetemi docens, K.M.E, Románia

K.M.E, str. Muncii, nr.103-105, cat T.C.M, 3400 Cluj-Napoca, Románia

Tel/Fax: 0040-64-415051

E-mail: Ildi_Revnic@yahoo.com / cgyenge@tcm1.east.utcluj.ro / Damian_Mihai@yahoo.com



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

KABINOS SÍFELVONÓ RENDSZER PUFFEROLÁSI MODELLJEI MEGHIBÁSODÁSI JELENSÉGEK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Kádár Tamás, Dr. Cselényi József

Abstract

This paper is based on a research work that deals with the issues of buffering in case of an aerial monocabble gondola tramway. I describe the operation of the buffer and define formulas how to calculate dimensions of it and give examples of the results.

Bevezetés

Nagy megtiszteltetésemre 1999. tavaszán a Zürichi Műszaki Egyetemen egy kutatási projectben vehettem részt. A kutatás célja egy kabinos sífelvonó rendszer általános leírása, működési stratégiáinak kiértékelése és a pufferolás lehetőségének a megvizsgálása volt. Jelen dolgozatomban az utóbbival, a pufferolás kérdésével foglalkozom.

Mikor van szükségünk pufferre?

A vizsgált (kabinos sífelvonó) rendszer három részből (kötélpályából) áll, amelyek tetszés szerint összekapcsolhatóak vagy önállóan üzemeltethetőek attól függően, hogy milyen működési stratégiát alkalmazunk. A rendszerben négy állomás található (*Flims, Plaun, Scansinas, Nagens*), ahol jelenleg a kabinokat egy mechanikus konvektor rendszer továbbítja az összekapcsolt kötélpályák között. Ha két vagy több (három) pálya össze van kapcsolva és az egyikben valamilyen előre nem látható ok miatt leállás következik be, akkor minden egyes pálya leáll. Ekkor merül fel az ötlet, hogy hozzunk létre egy olyan puffert az állomásokon, amelyek az egyes pályákat működés szempontjából elválasztják egymástól, és ha az egyik pálya leáll, akkor a puffer segítségével a többi pálya még egy ideig képes üzemelni, attól függően, hogy a puffer milyen hosszú pufferolást tesz lehetővé. Az 1-es táblázat összefoglalja, hogy az egyes stratégiák esetén hol merül fel pufferolási igény [1].

	Összekötött pályák	Szükséges pufferszám	Puffer helye
1. stratégia	1. pálya, 2. pálya, 3. pálya	2	Plaun, Scansinas

2. stratégia	2. pálya, 3. pálya	1	Scansinas
3. stratégia	1. pálya, 2. pálya	1	Plaun
4. stratégia	-	0	-

1. táblázat: Pufferolási igények

A puffer méretét, illetve a lehetséges pufferolás idejét az állomás mérete és az alkalmazott pufferolási stratégia határozza meg. Magát a pufferolást a leállások idejének áthidalására szeretnénk használni. A rendszer hosszabb-rövidebb időre állhat le és a mi feladatunk eldönteni, hogy a leállások hány százalékát szeretnénk lefedni. Ehhez a rendszerből adatokat kell gyűjteni, illetve kiértékelni. Az általam vizsgált rendszerben a leállások hossza 0-17 perces tartományban váltakoztak. Az adatok feldolgozása után világossá vált, hogy a leállások 75%-a 2 percnél, illetve 95%-a 5 percnél nem hosszabb. Az átlag 2.56 perc volt.

A puffer működése

Működés szempontjából a puffer két rész-pufferre (1. puffer, 2. puffer) osztható, amelyeket külön-külön vizsgálunk, de logikailag egy-egységet alkotnak. Az egyes pufferek funkciója attól függően változik, hogy hol következett be leállás.

A puffer normál működése

Normál üzem alatt a puffer egyszerű mechanikus konvejorként működik, amely kabinokat szállít a kötélpályák között (S_A és S_B). A pályák sebessége v_0 , a pufferé v_B . A puffer hossza L_B és a távolság két kabin között Δ . A puffer normál üzemmódja megszakad, amint leállás következik be az egyik pályán, pl. S_B -ben.

A puffer működése leállás alatt

S_B működése leáll, így az 1. pufferből kabinok nem távoznak, de S_A -ból még érkeznek, amelyeket felsorakoztatunk. A 2. puffer nem kap kabinokat S_B -ből, de ad S_A -nak, így fokozatosan üresedik. Elméletileg a pufferolás addig tart, amíg az 1. puffer megtelik vagy a 2. puffer kiürül. A pufferolt kabinok között a távolság gyakorlatilag elérheti a nullát (Δ_{\min} a távolság két kabin középpontja között, ha összeérnek), mivel ütközővel rendelkeznek. A pufferolás időtartalma az 1. pufferben pufferolt vagy a 2. pufferből felhasznált kabinok számától és a kabinok követési idejétől függ. A pufferolás alatt a kötélpálya sebessége v_0 -ról v_0' -re, a pufferé v_B -ről v_B' -re változik.

A puffer működése elindulás után

A leállított pálya (S_B) újra elindul és v_0 -val halad. S_B fogadja a pufferelt kabinokat az 1. pufferből, amelyek v_x -szel ($v_x = v_0 \cdot \Delta_{\min} / \Delta$) haladnak. Az S_B első kabinjának utol kell érnie az utolsót a 2. pufferben, amely v_B' -vel halad máskülönben S_A (amely v_0' -vel halad) nem tudná fogadni S_B első kabinját a kabinok követési idején belül és ezért leállna. A puffer visszaállítási üzemmódja addig tart,

amíg a pufferelt kabinok elfogynak az 1. pufferből és az S_B első kabinja utoléri az utolsót a 2. pufferben.

A puffer méretezése

1. puffer

A pufferolás ideje (t_B) a pufferelt kabinok számától és a kabinok követési távolságától függ, amit a következő összefüggés ad:

$$t_B = k_B \cdot t_f' \quad (1)$$

ahol a k_B a pufferelt kabinok száma és úgy definiálható, hogy:

$$k_B = INT \left[\frac{k \cdot (\Delta - \Delta_{min})}{\Delta_{min}} \right] \quad (2)$$

ahol k a kabinok száma a pufferben normál üzemmód alatt.

Pufferolás alatt a kabinok követési távolsága úgy definiálható, hogy:

$$t_f' = \frac{s_f}{v_0'} \quad (3)$$

ahol s_f két kabin közti távolság a kötélpályán.

Mivel a pufferunkat az átlagos leállási idő szerint szeretnénk méretezni, ezért a feltétel a következő: $t_B = T_{B_{avg}}$. Most keressük k -t, amely a fenti egyenletekből meghatározható és a következőt kapjuk:

$$k = INT \left[\frac{T_{B_{avg}} \cdot \Delta_{min}}{t_f' \cdot (\Delta - \Delta_{min})} \right] \quad (4)$$

A puffer méretét (L_B) a következő formula adja: $L_B = k \cdot \Delta$.

Pufferolás után a maximális kabinok száma (k_{max}) a pufferben: $k_{max} = k + k_B$.

A 2. táblázat a puffer méretére ad értékeket különböző paraméterekre:

	$t_f'=12s$			$t_f'=18s$			$t_f'=24s$			$t_f'=36s$		
V_0' [m/s]	6 (v_0)			4			3			2		
V_B' [m/s]	0.3 (v_B)			0.2			0.15			0.1		
C_{max}	2400 pph.			1600 pph.			1200 pph.			800 pph.		
	L_B [m]	k	k_B	L_B [m]	k	k_B	L_B [m]	k	k_B	L_B [m]	k	k_B
$T_B=60s$	21.6	6	4	14.4	4	3	10.8	3	2	7.2	2	1
$T_B=120s$	43.2	12	9	28.8	8	6	21.6	6	4	14.4	4	3
$T_B=180s$	64.8	18	14	43.2	12	9	32.4	9	7	21.6	6	4
$T_B=240s$	90	25	20	57.6	16	12	43.2	12	9	28.8	8	6
$T_B=300s$	111.6	31	24	72	20	16	54	15	12	36.0	10	8

2. táblázat: Példák a puffer méretére

2. puffer

A pufferolás feltétele: $k_B < k$, máskülönben a puffer kiürül.

t_B (k_B) megszorító feltétele: az S_B első kabinjának utol kell érnie az utolsót a 2. pufferben.

$$\text{Az utolérés feltétele: } \frac{(k - k_B + 1) \cdot \Delta}{v_B'} \geq \frac{k \cdot \Delta}{v_B} + \frac{s_f}{v_0}, \text{ ahol } \frac{s_f}{v_0} = \frac{\Delta}{v_B}, \quad (5)$$

$$\frac{(k - k_B + 1) \cdot \Delta}{v_B'} \geq \frac{(k + 1) \cdot \Delta}{v_B} \quad (6)$$

$$k_B' = k_B \leq \frac{(k - 1) \cdot (v_B - v_B')}{v_B} \quad (7)$$

ahol k_B' a pufferolható kabinok száma. A 3. táblázat a pufferolható kabinok számát tartalmazza a megszorító feltétel után a 2. táblázat értékeivel összehasonlítva.

	$t_f'=12s$			$t_f'=18s$			$t_f'=24s$			$t_f'=36s$		
$V_B' [m/s]$	0.3 (v_B)			0.2			0.15			0.1		
	k	k_B	k_B'	k	k_B	k_B'	k	k_B	k_B'	k	k_B	k_B'
$T_B=60s$	6	4	0	4	3	1	3	2	1	2	1	0
$T_B=120s$	12	9	0	8	6	2	6	4	2	4	3	2
$T_B=180s$	18	14	0	12	9	3	9	7	4	6	4	3
$T_B=240s$	25	20	0	16	12	5	12	9	5	8	6	4
$T_B=300s$	31	24	0	20	16	6	15	12	7	10	8	6

3. táblázat: A puffer mérete a megszorító követelmény után

Összefoglalás

A vizsgált pufferünk két rész-pufferből áll, amelyeket külön kell vizsgálnunk, de működésük nem választható el egymástól. A választott stratégia magában hordoz egy megszorító feltételt a pufferolás működésére (a pufferolható kabinok számára) vonatkozólag, amely leszűkíti a pufferolható kabinok számát. A rendszer működési paramétereire alkalmazott számítások olyan lehetséges puffer változatokat adnak, amelyek különböző leállási idők esetében alkalmazhatók.

Felhasznált irodalom

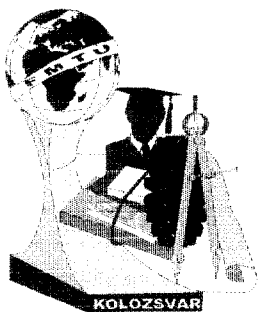
- [1] KÁDÁR, T.: Design of the interfaces of a system of serial connected circular conveyors and optimization of its operation, Zürich, 1999

Kádár Tamás, doktorandusz

Dr. Cselényi József, egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros

Email: kadar@iit.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

EGY GEOFIZIKAI MODELLEZŐ RENDSZER ÚJRATERVEZÉSE ÉS EREDMÉNYEK MEGJELENÍTÉSE

Krizsán Zoltán

Abstract

A lot of FORTRAN programs had been developed within engineering projects began many years ago. These programs have valuable knowledge background but incoherent structure. In this paper a re-engineering process will be present on a geophysical modeling system. The first step of this process is the decomposition of the problem with specification of the requirements of the modules (resources, level of interactivity). The development an interactive module, the visualization of the computing module's results will be detailed.

Előzmények

Számos olyan kutatás van, amelynek része programok folyamatos fejlesztése is. Különösen igaz ez a műszaki területekre, ahol a számítástechnika alkalmazása "rég"i" múltat tekint vissza, aminek eredménye számos, többnyire FORTRAN nyelvű program, amelyekben rengeteg felhalmozott tudás testesül meg, azonban a software engineering mai fogalmai szerint nem jól strukturáltak. Ez pedig gátolhatja a kutatási munka folytatása során az új fejlesztési technológiák és hardware - software platformok igénybevételét.

A régebbi programok teljes újraindítása az érdemi továbbfejlesztés előtt veszi el az erőforrásokat, ezért gazdaságosabb a *re-engineering*: a programok átstrukturálása olyan módon, hogy a mai fejlettebb software technológia eszközei alkalmazhatók legyenek

Ebben a dolgozatban egy mintegy tizenöt éve folyó geofizikai tárgyú fejlesztési munka példáján keresztül a re-engineering folyamat lehetséges lépéseire mutatunk példát. A kutatás témája a geofizikai alkalmazott kutatómódszerek közül a váltóáramú horizontális elektromos dipólus forrás elektromágneses terének meghatározása hosszan elnyúló szerkezetek esetén. A numerikus modellezés a véges differenciák módszerén alapul. A feladat nagy számítási igényét elsősorban a sok ismeretlenes lineáris egyenletrendszer sokszori megoldásának igénye adja.

A re-engineering lépései

A rendszer továbbfejlesztésének első eleme lehet a számításigényes (ezért alapvetően batch üzemmódú) és a felhasználó beavatkozását közvetlenül igénylő (interaktív) feladatok szétválasztása. Ezzel lehetővé válik egy több modulból álló rendszer kialakítása, ahol az egyes modulok más és más fejlesztési technológiával hozhatók létre és fejleszthetők tovább, és különböző architektúrákon futhatnak.

A mintául választott geofizikai feladat első lépésben az alábbi modulokra volt bontható a feladat lényeges átstrukturálása nélkül:

- az egyes térkomponensek számítása különböző frekvenciákon (batch)
- számítási eredmények előkészítése a megjelenítéshez (lehet batch vagy interaktív)
- a számítási eredmények megjelenítése (interaktív).

Az első modul megmaradhatott az eredeti FORTRAN platformon (bár az eredeti ANSI FORTRAN helyett FORTRAN 77 nyelvre áttérve). Ez a nyelv lehetővé teszi az algoritmus finomítását, és a nagy számítási kapacitást kiszolgálni képes IBM AIX rendszeren ütemezetten futtatható taszk előállítását. A számítási eredmények szövegfile-okban tárolódnak.

A második modul egy előfeldolgozást végez, amely a számítási eredményeket előre megadott szempontok alapján csoportosítja, esetleg viszonylag egyszerű további számításokat végez (normálás). Ez C programozási nyelven készült, platform-független módon, és akár az IBM AIX rendszeren, akár IBM PC-n futtatható.

A harmadik modul az eredmények kiértékeléséhez szükséges ábrákat készíti el. Ez a munka kezdetben manuális történt, majd félautomatikusan, a Golden Software cég Grapher programja segítségével. Mivel ez a módszer még mindig túl sok mechanikus beavatkozást igényelt, a kiértékelési munka meggyorsítására szükséges volt egy saját fejlesztésű vizualizációs modul kifejlesztése.

A vizualizációs modul

A vizualizációs modul hatékony használata megköveteli az interaktív üzemmódot. Mivel a számítási igény ebben a fázisban nem jelentős, a vizualizációs modul célszerű platformja a PC, ahol a grafikus megjelenítést támogató fejlesztőeszközök is rendelkezésre állnak.

A vizualizációnak modulnak jelenleg három nagyobb funkciója van:

1. Profil görbék készítése (síkgörbe): $P(f_0, R)$ alakúak, ahol P lehet egy tetszőleges elektromágneses térkomponens, vagy abból lezármaztatott fizikai mennyiség (például impedancia, látszólagos fajlagos ellenállás) rögzített frekvencia (f_0) és változó adó-vevő távolság (R) mellett.
2. Szondázási görbék készítése (síkgörbe): $P(f, R_0)$ alakúak, ahol az R_0 távolság állandó, a kiválasztott térkomponens frekvencia függésének ábrázolására szolgál.

3. Térképek készítése (izovonalas térkép): $P(f,R)$ alakúak, azaz a frekvenciális és a távolság szerinti függés együttes vizsgálatát teszik lehetővé.

Mivel a fenti függvények ábrázolása megköveteli a számítási eredmények megfelelő csoportosítását, az előfeldolgozó modult a vizualizációs modulba integráltuk, így az két jól elkülöníthető fázisból áll.

Előfeldolgozási fázis

A profilgörbe készítéséhez egy, a szondázási görbe és az izovonalas térképhez több adatfile feldolgozása szükséges. A felhasználótól ezért minden esetben be kell kérni az ábrázolandó komponens megnevezését, és az ábrázolásban résztvevő fájl vagy file-ok neveit.

Az első két esetben az adatok gyűjtése teljes mértékben automatizált, a harmadik esetben szükség van a felhasználó személyes szubjektív tapasztalatai alapján a közvetlen beavatkozás megengedésére is.

Ábrázolási fázis

A első két ábrázolási feladat esetén a programnak az előfeldolgozó fázis által előállított pontokon átmenő görbét kell illesztenie.. Ehhez harmadfokú spline görbét használ, amelyek másodrendben folytonosan kapcsolódnak (Ferguson-spline segítségével). A felhasználónak lehetősége van megadni a peremfeltételeket:

- természetes (natural), amelynél a görbület 0 a kezdő- illetve a végpontban.
- kvadratikus (quadratic)
- harmadrendű (not_a_knot)

Eddigi tapasztalataink szerint az első peremfeltétel alkalmazása tűnik a legmegfelelőbbnek. Az így meghatározott érintőket felhasználva harmadrendű Hermite-interpolációval készíti el a görbét, uniform paraméterezést használva.

Izovonalas térkép készítésnél a vizualizációs modul a Golden Software cég SURFER nevű programját használja fel. A együttműködésre két lehetőség adódik:

- a *Gs Scripter*³² segítségével Ez a SURFER szoftvercsomag részét képező script nyelv. Elindítja a SURFER-t, és a megadott műveleteket elvégzi.
- az OLE AUTOMATION technika alkalmazásával (OLE 2.0 kompatibilis).

Az ábrázolási fázisban jelenleg a Scripter segítségével jelenítettjük meg az izovonalas térképet.

További fejlesztési irányok

Az előadásban példaként szereplő elektromágneses modellezési alkalmazás továbbfejlesztése geofizikai szakmai szempontok alapján az alábbi irányokban indokolt:

- a vizualizációs munka segítésére további ábrázolási módok megvalósítása
- a számítási modul sebességének lényeges növelése
- újabb gerjesztési módok beépítése

A további feladatok azonban a számítási modulban jelentős algoritmikus változtatásokat igényelnek. A sebesség lényeges növelése szuperszámítógép használatát feltételezi, azonban a számításokhoz szükséges gépidő az egyenletrendszer megoldásának gyorsításával, a párhuzamos feldolgozás lehetőségének kihasználásával is csökkenthető.

Köszönetnyilvánítás

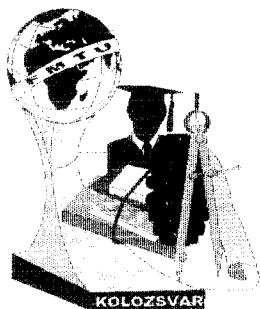
A szerzők megköszönik a Művelődési Minisztériumnak, hogy az FKFP 0914/1999. sz. pályázattal támogatta a fenti feladat megoldását illetve ezen dolgozat megjelenését.

Irodalom

- [1] PETHŐ G., FICSOR L.: **Új eredmények a FEM numerikus modellezésben.** microCAD'99, A, Geoinformatika, Környezetvédelem. pp. 98 - 102., Miskolc, 1999
- [2] FICSOR L., PETHŐ G.: **Eletromágneses numerikus modellezési alkalmazások és fejlesztési irányok.** microCAD'98, A, Geoinformatika, Környezetvédelem. pp. 69 - 71., Miskolc, 1998

Krizsán Zoltán, műszaki informatikus hallgató

Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Tanszék, 3515 Miskolci-Egyetem



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

CELLA-AUTOMATA MÓDSZERREL GENERÁLT 3- DIMENZIÓS SZEMCSÉK ALAKJÁNAK KVANTITATÍV MINŐSÍTÉSE

Quantitative shape characterization of 3-D particles generated by cellular automata

Hojtsy Sándor és Réti Tamás

Abstract

A simple computational procedure for shape characterization of 3-D objects is presented. The technique proposed is based on the computation of a shape factor defined as a function of the volume and the polar moment of 3-D particles. The method is demonstrated by an application which concerns the simulation of phase transformations in alloys by means of a stochastic cellular automaton algorithm.

1. BEVEZETÉS

A cella-automata algoritmusok széles körben használatosak fémötvözetekben végbemenő átalakulási folyamatok, így például folyékony halmazállapotú anyagok csíráképződéssel és csíranövekedéssel jellemzett kristályosodásának modellezésére. A csírák növekedése folyamán kialakuló mikroszerkezet, a képződő szemcsék geometriai-topológiai tulajdonságainak számszerű jellemzése napjainkban is egyike az érdeklődésre számot tartó kutatási területeknek.

Jelen dolgozatban cella-automata algoritmuson alapuló 3-dimenziós csíranövekedési folyamatok modellezésére irányuló azon szimulációs kísérletek eredményeit ismertetjük, amelyeknek középpontjában a képződő szemcsék alakjának kvantitatív minősítése áll. Számítógépes vizsgálatokra támaszkodva demonstrálni fogjuk, hogy a szimuláció révén generált egyedi térbeli szemcsék alakjának jellemzésére sikerrel alkalmazható a súlypontra vonatkozó poláris nyomaték és a szemcsetérfogat függvényeként származtatott alaktényező.

2. HÁROM DIMENZIÓS NÖVEKEDÉSI MODELL

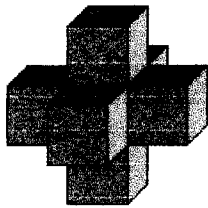
A fizikai-metallurgiai folyamat, amelyek modellezésével a következőkben foglalkozunk azon a hipotézisen alapul, hogy a kiinduló mikroszerkezetet, amelyet kezdetben egyazon α fázis alkot, az idő múltával ún. csírák képződése és növekedése eredményeként fokozatosan β fázissá alakul át. A diszkrét típusú növekedési modellben a modelltér 3 dimenziós, amely egy köbös, $128 \times 128 \times 128$ cellából álló számmátrixszal reprezentálható.

A mátrix elemeit alkotó cellák valójában L-oldalélhosszúságú kockák, és a képződő szemcsék ezekből épülnek fel. A szimulációs modell feltételezzük, hogy az átalakulás kezdeti

pillanatában a β fázis N_0 számú csíra, (azaz N_0 számú cella) formájában már jelen van, és a csírák növekedését a számítógépes szimuláció során egy sztochasztikus növekedési szabály írja le. Maga növekedés szkenelési ciklusonként, azaz diszkrét lépésekben történik.

A β fázis növekedését oly módon képzeljük el, hogy feltételezzük, hogy a cellamátrix azon “ α ” fázisú elemei - amelyeknek közvetlen környezetében már található β fázisú cella - a növekedési szabály által definiált P_c valószínűséggel képesek “ β ” fázisú cellává átalakulni. A növekedési folyamat szimulációja akkor fejeződik be, amikor az “ α ” fázisú cellák teljesen eltűntek, vagyis β fázissá alakultak át. Számítástechnikai korlátokból adódóan a modellterben elhelyezhető csírák maximális száma $N=254$.

A növesztési szabály definiálásakor abból indultunk ki, hogy minden egyes cellának $3^3-1=26$ közvetlen szomszédja van, és ezek közül 6 érintkezik lapjával az átalakulásra hajlamos “ α ” fázist reprezentáló cellához. Amint az 1. ábrán is látható, ezen 6 lapszomszédos környezet szolgált alapul a növekedési szabály definiálásához.



1. ábra A környezetet képező 6 szomszédos cella elhelyezkedése

A növekedési szabály értelmében egy “ α ” fázisú cella “ β ” fázisú cellává

$$P_c = \begin{cases} 0 & \text{ha } \eta = 0 \\ \frac{1}{8-\eta} & \text{ha } \eta > 0 \end{cases} \quad (1)$$

valószínűséggel alakul át. A (1) képletben η az előző iterációs lépésben a vizsgált cella 6-szomszédos környezetében lévő “ β ” fázisú cellák száma. Az η értékkészletét a $[0,1,2,3,4,5$ és $6]$ véges halmaz alkotja. A növesztési szabály értelmében bármely csírából olyan topológiailag összefüggő, 3 dimenziós alakzat képződik, amely azonos nagyságú kockákból áll.

3. HÁROM DIMENZIÓS SZEMCSÉK ALAKJÁNAK JELLEMZÉSE

A szimuláció során létrejött térbeli alakzatok alábbi két geometriai jellemzőjét határoztuk meg minden egyes iterációs lépésben: a csíra térfogatát (V) és a csíra poláris nyomatékát (I_p). Feltételezve, hogy a V térfogatú alakzat pontosan m darabszámú, L oldalél-hosszúságú kockából épül fel, a csíra térfogata $V=m \cdot L^3$, míg az alakzatnak a csíráközpontokra vonatkoztatott poláris nyomatéka

$$I_p = \int_V r^2 dV = \sum_{i=1}^m \left(L^3 \cdot r_i^2 + \frac{1}{4} L^5 \right) = \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^m (L^3 \cdot r_i^2) + \frac{m}{4} L^5 = V \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i^2 \right) + V \frac{L^2}{4}$$

ahol

m az alakzatot alkotó cellák száma,

r_i az i . cella középpontjának euklideszi távolsága a csíráközponttól.

L a cella élhossza.

A (2) képletben az $L^5/4$ kifejezés az L oldalélű kocka saját súlypontjára vonatkoztatott poláris nyomatéka. Csíráközpont alatt a növekedés kezdetén generált, a nucleust jelképező cella középpontját értjük.

A súlyponti koordináták minden iterációs lépésben való újraszámítása a 3 dimenziós szimuláció során számítástechnikai okokból nehézkesnek bizonyult, ezért a poláris nyomaték meghatározása mindig a kezdeti csíráközpontra történt. Joggal feltételezhető, hogy az áttérés a súlypontról a csíra középpontra nem okoz lényegi eltérést a szimuláció eredményében.

A számított térfogat és poláris nyomaték (V , I_p) felhasználásával definiáltunk egy a generált térbeli alakzat "gömbszerűségét" számszerűen minősítő I_s alaktényezőt a következő módon.

$$I_s = \frac{I_p}{I_E} \quad (3)$$

ahol:

$$I_E = \frac{3Vr_e^2}{5} \quad (4)$$

az ekvivalens (azonos V térfogatú) gömb poláris nyomatéka, és

$$r_e = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \quad (5)$$

az ekvivalens sugár, a csírával azonos V térfogatú gömb sugara.

A (4) és (5) képletekből speciális esetként következik, hogy a V térfogatú gömb súlypontra vett poláris nyomatéka

$$I_E = \frac{3}{5} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{\frac{2}{3}} V^{\frac{5}{3}} \approx 0.2309 V^{\frac{5}{3}} \quad (6)$$

A fenti képlet felhasználásával az I_s alaktényezőre a

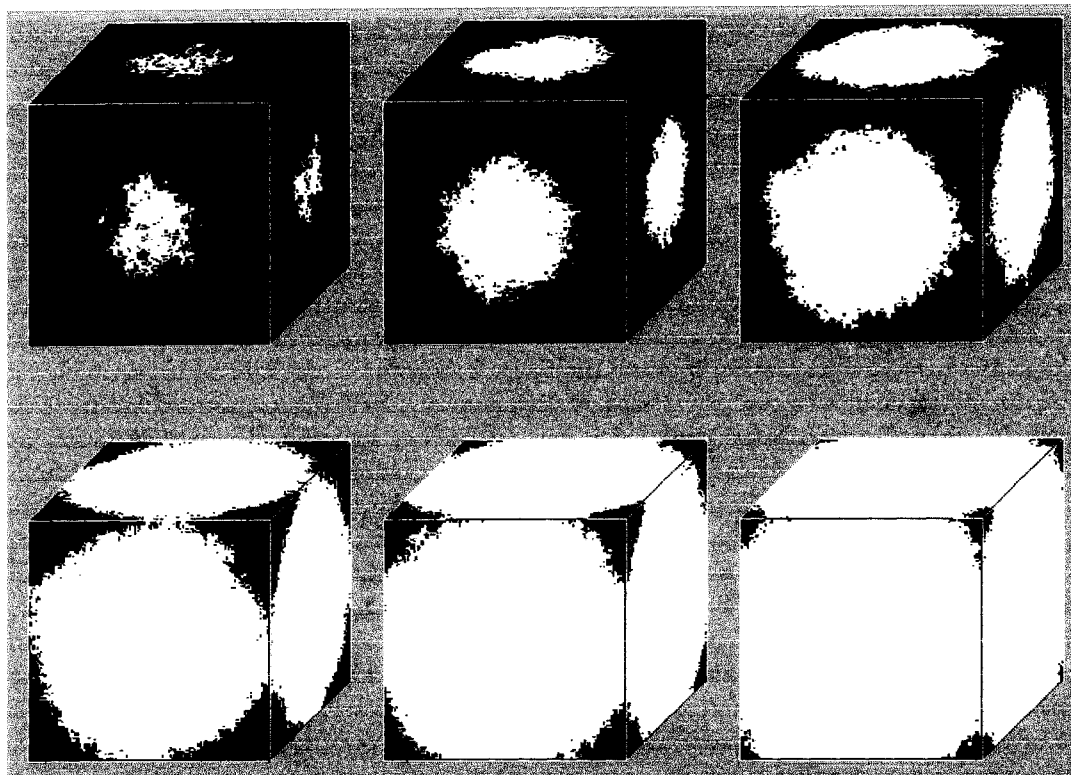
$$I_s = \frac{\sum_{i=1}^n \left(L^3 * r_i^2 + \frac{1}{4} L^5 \right)}{\frac{3}{5} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{\frac{2}{3}} V^{\frac{5}{3}}} \approx 4.33086 \frac{\sum_{i=1}^n \left(L^3 * r_i^2 + \frac{1}{4} L^5 \right)}{V^{\frac{5}{3}}} \quad (7)$$

képletet kapjuk.

Az I_s alaktényező mértékegység nélküli szám, értéke gömbre 1, bármely alakzatra 1-nél nagyobb szám. I_s viszonylag egyszerűen számítható, és mint említettük alkalmas arra, hogy kvantitatív módon jellemezze a vizsgált alakzat gömb alaktól való geometriai eltérését. Tekintetbe véve, hogy az I_s alaktényező az L nagyságától független, dimenzió nélküli mennyiség, ezért számításakor célszerű L értékét egységnyi hosszúságúra választani. Így $L=1$ választás eredményeként $V=m$ lesz, és az I_s alaktényezőre a következő egyszerű összefüggés adódik:

$$I_s \approx 4.33086 \frac{\sum_{i=1}^m r_i^2 + \frac{m}{4}}{m^{\frac{5}{3}}} \quad (8)$$

Amennyiben az alakzatot $V=1$ térfogatú kocka alkotja, m értéke 1, $r_1=0$, következésképpen az I_s alaktényező értékére speciális esetként $4.33086/4 = 1.0827$ adódik. Az 1. ábrán példaként egyetlen csíra növekedésre vonatkozó konkrét szimulációs kísérlet “köztes állapotait” demonstráljuk ($N_0 = 1$ eset).

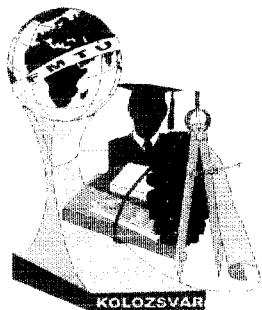


1. **ábra** Egyetlen csíra növekedése, a modelltér három határoló síkján elhelyezkedő átalakult cellák a szimuláció MCS = 200., 220., 250., 280., 300. és 320. szimulációs ciklus után.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

- i. A szimulációs vizsgálatokból kitűnt, hogy az (1) növekedési szabályt alkalmazva valóban “közel gömbalakú” szemcsék jönnek létre. Ezt alátámasztja az a megfigyelés, hogy egyetlen csíra növekedésekor a (8) képlettel számított I_s alaktényező 1.03 körüli konstans értékhez, majd a modelltérfallal való ütközést követően a kockára jellemző 1.082 elméleti értékhez tart. Az alaktényező tökéletes gömbre érvényes 1 értéke nyilván nem érhető el.
- ii. A cella-automata modellel végzett szimuláció során $N_0=254$ számú csíra növekedését tanulmányoztuk és meghatároztuk az alaktényezők eloszlását a növesztés minden egyes szimulációs ciklusában. Megfigyelhető volt, hogy a folyamat kezdetén, amikor a szemcséket még kevés számú cella alkotja, az alaktényező átlagértéke viszonylag nagy, vagyis a szemcsék alakja meglehetősen szabálytalan, eltér a gömbalaktól. Ezt követően fokozatosan érzékelhető a gömb alakú részecske-geometria kialakulása, így az alaktényező értéke folyamatosan csökken, majd eléri az 1.2 körüli minimumot. A továbbiak folyamán a szemcsék gátolt növekedése és folyamatos ütközése következtében az alaktényező értéke ismét növekszik, majd beáll egy konstans 1.63 körüli értékre.

dr. Réti Tamás, Hojtsy Sándor
 Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest Népszínház u. 8. H-1081



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

ELTOLHATÓ ÁLLVÁNYOS RAKTÁR KOMISSIÓZÁSI FOLYAMATÁNAK OPTIMÁLÁSA GENETIKUS ALGORITMUS FELHASZNÁLÁSÁVAL

Prof.Dr.Cselényi József – Dr.Bányai Tamás – Klátyik Tamás

Summary

During the last thirty years there has been a growing interest in problem solving systems based on principles of evolution and heredity: such systems maintain a population of potential solutions, they have some selection process based on fitness of individuals, and some genetic operators. This paper describes the optimisation by the aid of genetic algorithm of the commissioning process of a special type of warehouses. We will describe the movement cycles in the case of different ways (inside and outside of the critical zone) and the genetic operators. The realisation of the optimisation software is in the test phase, so the test functions of the optimisation algorithm will be also described.

Bevezetés

Az evolúcióelméletnek alapvetően két olyan modellterülete alakult ki, amely a számítógépes szimuláció és az optimalizálás területén különösen jól alkalmazható: az evolúciós stratégiák és a genetikai algoritmusok. Jelen dolgozat keretében az eltolható raktárak komissiózási stratégiáinak genetikai algoritmus felhasználásával történő optimalizálása kerül bemutatásra.

Eltolható raktárak

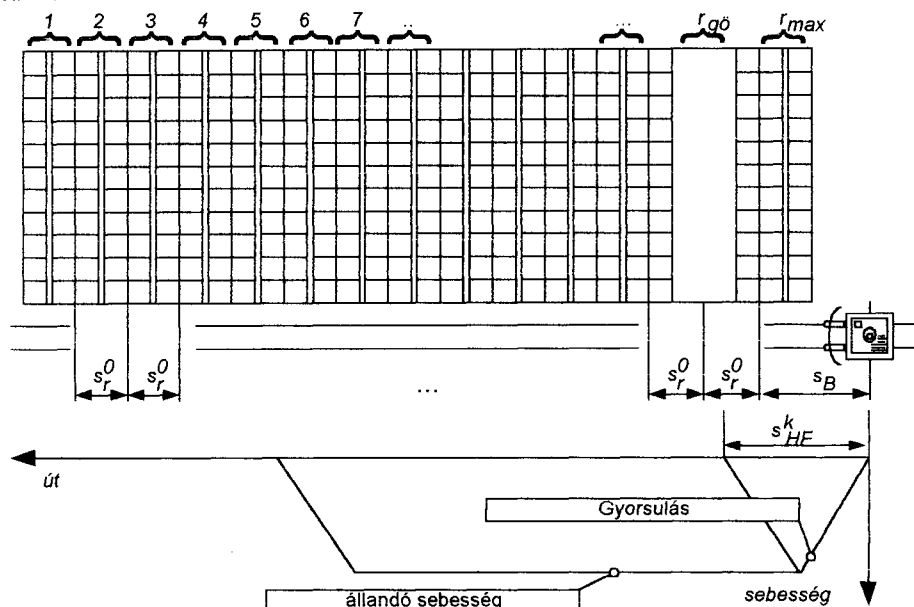
A tárolóterület-kihasználás növelésének egyik hatásos módja – az áru kis forgási sebessége esetén – az eltolható állványos tárolási rendszer alkalmazása. A tároló állványokra szerelt kis átmérőjű görgők lehetővé teszik az állványoknak a padlószinten vagy sín pályán való hossz vagy keresztirányú, esetleg kombinált mozgását. Az állványegységek között így a szükségesnek megfelelően lehet folyosókat kialakítani, illetve folyamatos feltöltési és ürítési rendszert berendezni. Az eltolható tárolók közül a hosszirányban mozgók két vagy háromsoros kialakításúak, a keresztirányban mozgathatók néha 10-15 állványegységből is állnak. Minden eltolható raktár közös előnye, hogy kis területen viszonylag nagy mennyiségű áru tárolására alkalmasak. Leginkább olyan helyeken alkalmazhatóak, ahol az áru forgalom kicsi, azaz ritkán kell mozgatni a darabokat, mint például szerszámraktárak esetében. Közös hátrányuk, hogy az árut gyakran hosszú ideig tart kitarolni, mert ha olyan darabra van szükség, ami a raktár éppen nyitott folyosójában nem található, akkor addig kell az állványokat mozgatni, amíg a folyosó a megfelelő pozícióba nem érkezik. Az eltolható tárolók – saját méretüktől és a raktározott áru méretétől függően – kézi és gépi kiszolgálásúak lehetnek. Be- és kitarolásuk szerint is megkülönböztethetők: lehetnek egyoldali és kétoldali be- és kitarolásúak. Állványkiszolgálógéppel történő rakodás esetén – ha komissiózásra is szükség van – robottal kombinált elosztókocsis állványkiszolgálógép alkalmazható.

A genetikai algoritmus

A genetikai algoritmusok egy olyan heurisztikus optimalizálási algoritmust képeznek, melyben az optimalizálási probléma célfüggvényének értékét meghatározó paraméterek egész számokból álló vektorokban vannak leködölve. Ezen vektorok értékei az algoritmus során megváltoznak az úgynevezett evolúciós operátoroknak (duplikáció, kiválasztódás, mutáció, keresztezés) a hatására. A genetikai algoritmusoknak igen sok változata terjedt el, melyeket az egyedek száma, a populációk száma, a szülők száma, a genetikai operátorok jellege és egyéb tényezők alapján lehet csoportosítani.

A probléma

Az eltolható raktárakban lezajló kommissiózási folyamatok esetében érdekes feladat annak a vizsgálata, hogy egy már meglévő (nem optimált) raktártérkép esetében, hogyan lehet egy tetszőleges kommissiót a legkisebb anyagmozgatási munkával, kommissió összeállítási idővel, vagy abból levezethető költséggel (elvileg minél kevesebb folyosónyitással és mozgással) összeállítani.



1. ábra: Az eltolható raktár paraméterei a mozgási idők meghatározásához

A célfüggvény

A célfüggvény (kommissiózási idő) meghatározásakor figyelembe kell venni azt, hogy a raktári kiszolgáló gép koordinátánkénti mozgatási úthossza mikor haladja meg a kritikus mozgatási úthosszat, hiszen annak függvényében más és más formában számíthatók a mozgási (és ebből kifolyólag a teljes kommissiózási) idők. Az 1. táblázat egy teljes mozgásciklus kiszámításának módját mutatja be a részletes mozgásiidők ismertetése nélkül.

Raktárkiszolgáló gép pozíciója	Mozgásciklus időszükséglete
Alappozíció	$\max\{t_{HF}, t_{\delta}\} + t_{be} + t_{felvesz}$
Folyosó	$t_{ki} + \max\{t_{HF}, t_{\delta}\} + t_{be} + t_{felvesz}$

1. táblázat: Mozgásciklus időszükségletének meghatározása

Az optimalizálás során célfüggvényként a kommissiózási időt vettük figyelembe, hiszen a költségfüggvényeknek mint célfüggvényeknek az alkalmazása az optimalizálás során jelenthet előnyt is és hátrányt is. A költségfüggvények alkalmazásának előnyei a következők:

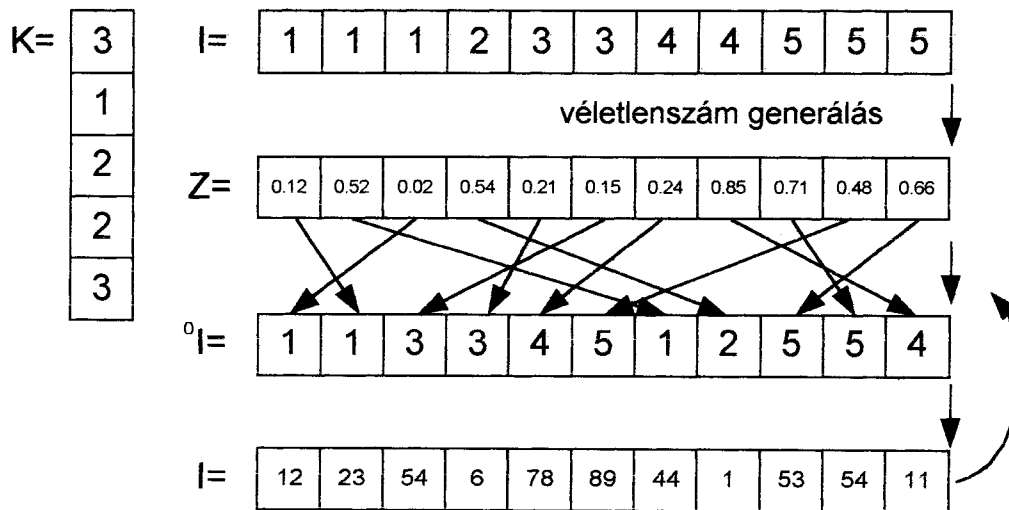
- az optimalizálás előtt érzékenységi vizsgálatok végezhetők el a költségfüggvényekkel és általános érvényű következtetések vonhatók le a problémára vonatkozóan,
- ha reálisak a költségtényezők, akkor az optimalizálás eredményeként adódó költségek közvetlenül a logisztikai menedzsment elé terjeszthetők döntésre, hiszen azokból megítélhetők a gazdaságossági hatások,
- a költségfüggvényekre hatékony optimalizálási módszerek dolgozhatók ki.

A költségfüggvények alkalmazásának hátrányai a következők:

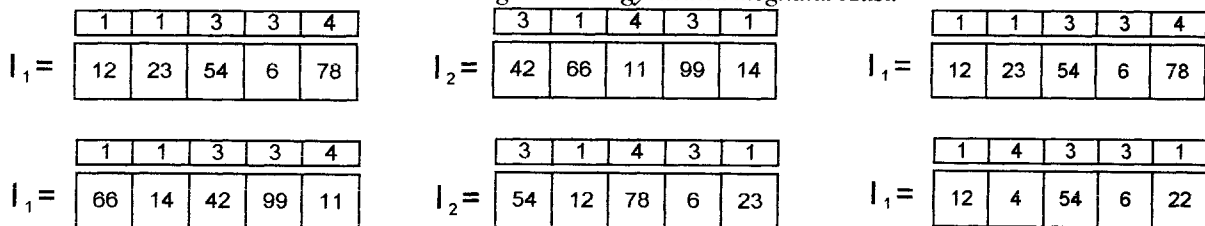
- a reális költségtényezők meghatározása alapos elemző munkát igényel,
- a költségtényezők folyamatosan változnak, így azokat folyamatosan nyomon kell követni,
- a költségek alapján kapott optimumok hosszabb távon változnak, s ebből az következik, hogy:
- a beruházási költségek alapján való döntésre e változások nem gyakorolnak hatást,
- az üzemeltetési költségekre kapott optimum ma érvényes, néhány év múlva már eltolódhat.

A genetikus operátorok

A kiinduló generáció egyedeinek meghatározása egy véletlenszám generátor segítségével történik (2.ábra). Első lépésben meghatározásra kerül az elkészítendő komissió összetétele, majd a véletlenszám genrálás segítségével előállításra kerül egy nulladik kommissiózási sorrend-változat, illetve ezek egyes tagjaihoz hozzá lesz rendelve egy-egy raktári pozíció, ahol az adott termék megtalálható. Az öröklődés operátor megfelel a hagyomány, genetikus algoritmusnál megszokott, rulett-elven működő operátornak. A keresztezés operátor esetében két egyed keresztezésekor az egyes kommissiózási sorrendek változatlanok maradnak, viszont a termékpozíciók cserélnek helyet páronként (3.ábra). A mutációs operátor (mely biztosíthatja, hogy a lokális optimumból a megoldásváltozatok kiugorjanak) úgy működik, hogy a kommissió két véletlenszerűen kiválasztott terméke helyet cserél, és a cserélt termékek számára új kommissiózási pozíció kerül generálásra (4.ábra).



2.ábra: Kiinduló generáció egyedeinek meghatározása



3.ábra: Keresztezés operátor

4.ábra: Mutációs operátor

Ezen bemutatott célfüggvények illetve operátorok felhasználásával a kommissiózási folyamat optimalizálható. Az optimalizáló szoftver jelenleg van fejlesztés alatt, így az előadásban az algoritmus 2.táblázatban szereplő célfüggvényekkel történő tesztelése során kapott eredmények kerülnek még bemutatásra.

Rosenbrock függvény	$f_2(\vec{x}) = 100 \cdot (x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2$	Folytonos, bi-kvadratikus függvény.
Lépcsős függvény	$f_3(\vec{x}) = \sum_{i=1}^n \text{int}(x_i)$	Nem folytonos függvény sok lokális optimumot képviselő sík felülettel.
Shekel rókalyuk függvénye	$f_4(\vec{x}) = \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^2 (x_i - a_{i,j})^6}$	Folytonos, hatodfokon nem lineáris függvény mély és keskeny lokális minimumhelyekkel.
Rastrigin függvény	$f_5(\vec{x}) = n \cdot A + \sum_{i=1}^n x_i^2 - A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot x_i)$	Szféra modellen alapuló koszinuszmodulációval rendelkező függvény sok lokális szélsőértékkel.
Schwefel függvény	$f_6(\vec{x}) = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$	Folytonos unimodális függvény. A gradiensesés nem a koordinátatengelyekkel párhuzamos.
Griewangk függvény	$f_7(\vec{x}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - 20 \cdot \prod_{i=1}^n \left(\cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1 \right)$	Nagyon sok, az állapottérben elszórtan elhelyezkedő lokális minimummal rendelkező függvény.

2.táblázat: Heurisztikus algoritmusok tesztfüggvényei

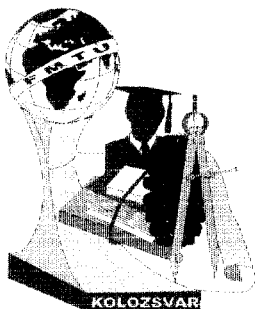
Köszönetnyilvánítás

Ezen publikáció az OTKA F030089 projekt keretében és támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- [1.] SCHÖNEBURG, E. – HEINZMANN, F. – FEDDERSEN, S.: *Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien, Eine Einführung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution*, Addison Wesley Publishing Company, 1994
- [2.] <http://cindy.cis.nctu.edu.tw/AI/ai1/4-hc.html>
- [3.] www.info.fundp.ac.be/~ven/umsroot/node281.htm
- [4.] www.informs.org/Conf/NO95/TALKS/

Prof.Dr.Dr.h.c.mult.Cselényi József / Dr.Bányai Tamás / Klátyik Tamás
Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, Miskolc-Egyetemváros 3515
Telefon:++36-46-565-111/2030, Fax: 36-46-367-828, E-mail: alttamas@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

PNEUMATIKUS ÜTŐHENGEREK MÉRETEZÉSÉNEK MATEMATIKAI ALAPJAI

Dr Szaladnya Sándor – Dr Németh János – Telek Péter

Summary

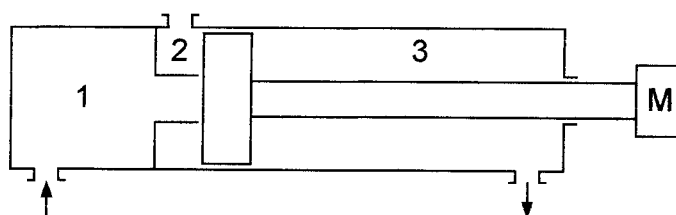
Beating cylinder is a special type of pneumatic cylinder, which is used for forming procedures of several technologies. The most characteristic property of this kind of cylinder is the large impact energy, which can be resulted from the high starting velocity of the piston of the beating cylinder. This article contains the principles of the dimensioning of beating cylinders and the differential equations, which describe the pressure in the individual parts of the cylinder and the moving characterisation of the piston. This research establishes the creation of computer software to calculate the mechanical and thermodynamic parameters of a beating pneumatic cylinder.

Bevezetés

A pneumatikus ütőhengerek egy speciális alkalmazási területét képezik a pneumatikus rendszereknek. Az alakítási műveletekhez a hagyományos munkahengerek korlátozott erő kifejtésük miatt nem mindig alkalmazhatók, de az alakításhoz szükséges nagy kinematikai energiát ütőhengerrel lehet biztosítani. Az ütőhengerek speciális felhasználási területükből adódóan a többi pneumatikus munkahengertől eltérő igénybevételeknek vannak kitéve, éppen ezért működtetésük során sajátos méretezési, karbantartási, felügyeleti szempontokat kell figyelembe vennünk.

Az ütőhengerek működési elve

Az ütőhenger, kialakításánál fogva 7,5-10 m/s dugattyúsebességet hoz létre, mely lényegesen nagyobb, mint a normál munkahengerek sebessége (1-2 m/s).



1. ábra: Pneumatikus ütőhenger vázlata

Az 1. ábrán látható alaphelyzetben a 1. és 3. hengertérbe a szelepeken keresztül tápnyomást kapcsolunk. Indításkor a 3. hengertér szelepét nyitjuk. A dugattyúnak az 1. hengertérrel érintkező redukált felülete miatt a dugattyú mozgása csak jelentős nyomáskülönbség esetén indul meg, majd miután a dugattyú elmozdult, az 1. és 2. hengertér összenyitása miatt a tápnyomás a teljes dugattyúfelületre hat. Az erőkülönbség miatt ugrásszerűen megnő a dugattyú sebessége. Mivel a dugattyú energiája négyzetesen arányos a sebességgel, pneumatikus ütőhengerek segítségével nagy energiájú, ütősszerű hatásokat hozhatunk létre.

Az ütmunka kisméretű hengerekénél is jelentős. Sok esetben az ütőhengerek sajtológépek feladatait is el tudják látni, hengerátmérőtől függően 25-500 Nm ütmunka érhető el velük.

Pneumatikus ütőhengerek alkalmazásánál azt is figyelembe kell venni, hogy nagy henger hosszúság (nagy dugattyú-mozgási hossz) esetén, az indulás után a sebesség rohamosan csökkenni kezd, s ezzel az alakításra használható energia is, ezért ilyen esetekben nem mindig célszerű ütőhengert alkalmazni.

Ütőhengerek alkalmazási területei:

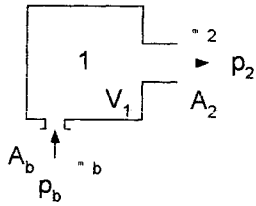
- sajtolás,
- peremezés,
- szegecseles,
- kivágás,
- stb.

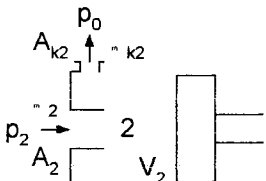
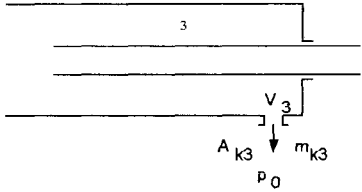
Pneumatikus ütőhengerek méretezése

Az ütőhengerek tényleges energia-átadásának, illetve a dugattyú-mozgás pontos karakterisztikájának meghatározásához ismernünk kell a munkahenger mindhárom terében a nyomások alakulását, figyelembe véve a dugattyú indításánál, illetve fékezésénél lejátszódó dinamikai jelenségeket is.

Nyomásviszonyok a hengerterekben

A méretezés első lépéseként meg kell vizsgálni a hengerterekbe be-, illetve a hengerterekből kiáramló levegő mennyiségét.

1. hengertér		$\dot{m}_{b1} = \mu_{b1} \cdot A_b \cdot p_b \cdot \psi_{b1} \cdot \sqrt{\frac{2}{R^* \cdot T}}$ $\dot{m}_{k1} = \mu_{k1} \cdot A_2 \cdot p_2 \cdot \psi_{k1} \cdot \sqrt{\frac{\kappa}{R^* \cdot T}}$
--------------	---	--

2. hengertér		$\dot{m}_{b2} = \mu_{b2} \cdot A_2 \cdot p_1 \cdot \psi_{b2} \cdot \sqrt{\frac{2}{R^* \cdot T}}$ $\dot{m}_{k2} = \mu_{k2} \cdot A_{k2} \cdot p_0 \cdot \psi_{k2} \cdot \sqrt{\frac{\kappa}{R^* \cdot T}}$
3. hengertér		$\dot{m}_{k3} = \mu_{k3} \cdot A_k \cdot p_0 \cdot \psi_{k3} \cdot \sqrt{\frac{\kappa}{R^* \cdot T}}$

ahol

- \dot{m}_b, \dot{m}_k - a be-, illetve kiáramló levegőmennyiség a hengerterekben,
- m_b, m_k - áramlási veszteségek,
- A_b, A_k, A_2 - be-, illetve kiáramlási keresztmetszetek,
- p_0, p_2, p_b - nyomások,
- ψ_b, ψ_k - átömlési tényezők,

Az átömlési tényezők értéke nem állandó, függ az áramlás jellegétől, és a nyomásviszonyoktól (az áramlás sebességétől). A kapott egyenletek nem lineárisak, tartalmazzák a hengertérbeli nyomások első deriváltjait.

A dugattyú mozgásegyenlete

$$\ddot{x} = \frac{1}{M} [p_2 \cdot A_3 - p_3 \cdot (A_3 - A_r) + C + h \cdot (p_1 - p_2) \cdot A_2]$$

ahol

- M - a mozgatandó tömeg,
- A_r - a dugattyúrúd keresztmetszete,
- C - a dugattyúra ható súrlódási és külső erő,

A pneumatikus ütőhenger méretezéséhez szüksége differenciál-egyenlet rendszer

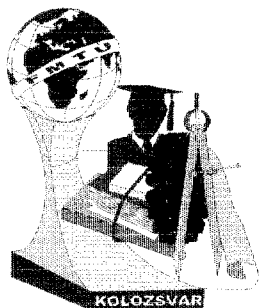
$$\begin{aligned}\dot{p}_1 &= \frac{R^* \cdot \kappa \cdot T}{V_1} \cdot (\dot{m}_{b1} - \dot{m}_{k1}) \\ \dot{p}_2 &= \frac{1}{V_{20} + A_3 \cdot x} \cdot [R^* \cdot \kappa \cdot T \cdot (\dot{m}_{b2} - \dot{m}_{k2}) - \kappa \cdot p_2 \cdot A_3 \cdot \dot{x}] \\ \dot{p}_3 &= \frac{1}{V_{30} - (A_3 - A_r) \cdot x} \cdot [\kappa \cdot p_3 \cdot \dot{x} \cdot (A_3 - A_r) - R^* \cdot \kappa \cdot T \cdot \dot{m}_{k3}] \\ \ddot{x} &= \frac{1}{M} [p_2 \cdot A_3 - p_3 \cdot (A_3 - A_r) + C + h \cdot (p_1 - p_2) \cdot A_2]\end{aligned}$$

Mivel a kapott egyenletrendszer zárt alakban nem oldható meg, numerikus megoldásához szükség van egy számítógépi programra, amely megfelelően rugalmasan tudja kezelni a rendszer jellemzőit a bemenő paraméterek függvényében. Épp ezért a kutatás következő fázisa egy, a kívánt feltételeket teljesítő szoftver létrehozása, illetve bevezetése a gyakorlatba.

Irodalomjegyzék

- [1]. Dr. Elek I. - Hudáky J.: Az ipari pneumatika alapjai
(INTERPRESS Kiadó 1979)
- [3]. Demeter Gy.: A pneumatika ipari alkalmazása
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1972.
- [4]. Demeter Gy. - ifj. Kismarty L.: Pneumatikus rendszerek tervezése
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1974.
- [5]. Dr. Krisztinicz P.: Digitális pneumatika
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1973.
- [6]. Heinz Ziehl - Julius Kruschik: Áramlás csövekben és szelepekben
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966.
- [7]. Dr. Vida Gy.: Műszaki hőtan
Tankönyvkiadó, Budapest 1981.
- [9]. Vincze Á.: Hidraulikai és pneumatikai táblázatok
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1983.
- [10]. MECMAN Pneumatika katalógus 1987.

Dr. Szaladnya Sándor, egy. tanár - Dr. Németh János, egy. docens - Telek Péter, egy. tanársegéd
Miskolci Egyetem, H-3515 Miskolc-Egyetemváros
Tel.: 36-46-565-111/1029, Fax: 36-46-367-828, E-mail: alttelek@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Ultrahangos berendezések alkalmazása változó hőmérsékletű próbatestek vizsgálatára; Kalibrálási görbék alkalmazása

Dr. Cselényi József, Hegedűs Csaba

Summary

Nowadays the use of ultrasound for testing is common in the industrial practice. Several unsolved problems are however e.g.: when the temperature is changing, the testing circumstances are changing too, and the precision of the inspection can decrease with a serious amount.

With our new autocalibration system, this problem can be solved. The theory of this article based on the properties of the ultrasound, and on the inspection circumstances, and the utilization of the laboratory circumstances.

1. Az ultrahang felhasználási területei

Az ultrahangokat a mérnöki gyakorlatban 2 alapvető területen használják:

- a nagy intenzitású (kHz-es frekvencián működő) ultrahangokat technológiai célokra használják (hegesztés, forrasztás, tisztítás, fúrás)
- a kis intenzitású (Mhz-es frekvencián működő) ultrahangokat roncsolás-mentes anyagvizsgálatra használjuk.

Az ultrahangos-, roncsolás-mentes anyagvizsgálatoknak számos területe van. Ezek közül a legjelentősebbek:

- a nagy pontosságú anyagvastagság mérések,
- a repedésvizsgálatok, belső anyaghibák feltárása, a hegesztések vizsgálata
- a feszültségvizsgálatok, stb.

2. Az ultrahangos anyagvizsgálatok eszközei, a vizsgálatot megelőző műveletek

A legfontosabb felhasznált eszközök:

- Ultrahangos anyagvizsgáló berendezés (Krautkramer USN52 típusú a mi esetünkben)
- Vizsgálófej (a mi esetünkben MSEB4-es típusú)
- Kalibráló-tömbök (esetünkben 9.75mm és 14.95mm vastagságú síküveg (fehér)-lapok)
- Kontakt folyadék (jelen esetben ez víz volt)
- Kábelek, tisztítóeszközök, stb

Az első lépés a kalibráló-testek felületének megtisztítása, majd pedig a hitelesítés elvégzése. Ennek során 2 adatot kell hitelesítenünk:

- A vizsgálandó darabban az ultrahang terjedési sebességét (sound velocity)
- Valamint a vizsgálófejben lévő áthaladás miatti úgynevezett késleltetési időt (probe delay)

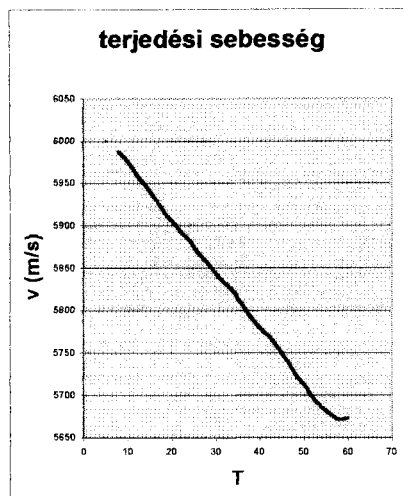
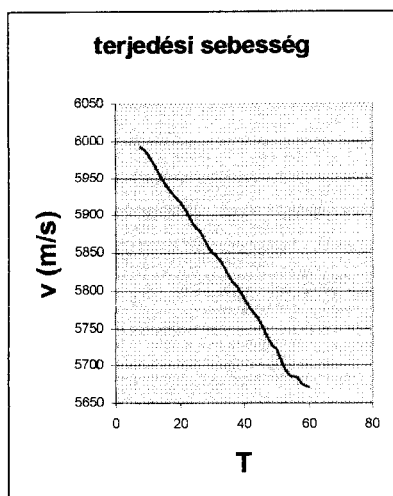
Ennek ismeretében már hozzákezdhetünk egy a kalibráló-test anyagával megegyező és mind a vizsgálófej, mind a kalibráló-testek hőmérsékletével megegyező test vizsgálatához. (Ennek, valamint a kalibrálás szokásos részlépéseinek ismertetésétől eltekintek.)

3. A jelentősen különböző hőmérsékletű ultrahangos anyagvizsgálatok megvalósítása

Adott hőmérsékleten történő kalibrálás után egy másik hőmérsékleten történő vizsgálatoknál két tényező megváltozásával kell alapvetően számolni:

- A vizsgált testben az ultrahang terjedési viszonyai jelentősen megváltozhatnak (ez a hangterjedési sebesség megváltozásában ölt testet)
- A vizsgálófej hőmérsékletváltozásával, hőtágulásával megváltozik a fejben megtett

Mindezen tényezők alapvetően befolyásolják a mérés pontosságát, megváltozásával a hitelesítés érvénytelenné válik és a mérés értékelhetetlenné válik. Újabb hitelesítésre van szükség. Ennek megvalósítása meglehetősen körülményes, ugyanis az adott hőmérsékletű kalibráló-testekkel az adott hőmérsékletű vizsgálófej esetén kell kalibrálni általában szobahőmérsékleten. Könnyű belátni, hogy hőntartási és egyéb megvalósítási nehézségek léphetnek fel, távolság, így az ultrahang által megtett idő is, vagyis a késleltetési idő.



4. A kalibrálás regressziós görbéje, a görbe felvétele

Ezen állandó kalibrálás kikerülésére az alábbi módszert dolgoztam ki:

A vizsgálat előtt laboratóriumi körülmények között a vizsgálatához felhasznált fejjel (ez kisebb hőmérséklettartományban nem is feltétlenül szükséges) a vizsgált anyaggal megegyező etalonnal (kalibráló-tömb) felvesszünk egy úgynevezett kalibráló-görbét. Ezután a konkrét vizsgálatoknál csupán egyszer, egy adott hőmérsékletre kell kalibrálni a késleltetési időt (probe delay), és a terjedési sebesség kalibrálása folyamatosan történhet a kalibráló-görbe alapján történő leolvasással.

A görbe felvétele:

- A laboratórium hőmérsékletét megmérve, az etalonok méretét hitelesítjük.
- A kalibrálást elvégezzük az adott hőmérsékleten az adott etalonokkal.
- Ezután (a megfelelő hőntartást biztosítva) a vizsgálatnál szükséges felső hőmérsékleti határnál valamivel magasabb és az alsó hőmérséklet-tartománynál valamivel alacsonyabb hőmérsékleteknek megfelelő tartományban a pontossági igényeknek megfelelő hőközökkel az egyik kiválasztott etalon esetében kalibráljuk a terjedési sebességet a késleltetési idő változatlanul hagyásával. (A kalibrált vastagság a hőmérséklettől független módon a mért értéken veendő figyelembe!!!) Az így kapott összetartozó hőmérsékleti és sebességi adatokat regisztráljuk.
- A vizsgált etalonnak meghatározzuk a lineáris hőtágulási együtthatóját (α) (legalább 2 jelentősen eltérő hőmérsékleten megmérve pl. mikrométerrel a vastagságkülönbséget), vagy táblázatból kikeressük az együttható értékét.
- A kapott adatsor alapján lineáris regresszió-számítást alkalmazva kiszámítjuk a regressziós egyenes b_0 , b_1 paraméterértékeit úgy, hogy a pontpároknál a sebességadatokat $(1+\alpha\Delta t)$ -vel módosítjuk.

A kapott egyenes egyenletébe behelyettesítve a konkrét vizsgálat során alkalmazott hőmérsékletet, megkaphatjuk tetszőleges pontban a terjedési sebesség kalibrált pontosságának tekinthető értékét.

5. A vizsgálat során használt feltételezések, elhanyagolások

- A késleltetési idő hőmérséklettől való függését elhanyagoljuk.
- Ezt azért tehetjük meg, mert ez a tényező az ultrahangnak a fejen való áthaladásának idejétől függ. Ez az idő pedig a fejek többségénél tapasztalataink szerint elhanyagolhatóan változik, ami egyrészt adódik az áthaladás útjának rövidegéből, a viszonylag kis hőmérsékletkülönbségből, valamint a hőtágulás és az ultrahang terjedési sebességének kompenzált változásából.
- A hőtágulást a próbatestben lineáris hő tágulással közelítjük
- Ez szintén megengedhető az adott körülmények, a hőmérsékletváltozás viszonylagosan kis mértéke miatt.
- A sebesség változását lineárisan közelítjük

A vizsgálat során az alábbi nyers eredményeket kaptam (regresszió-számítás nélkül):

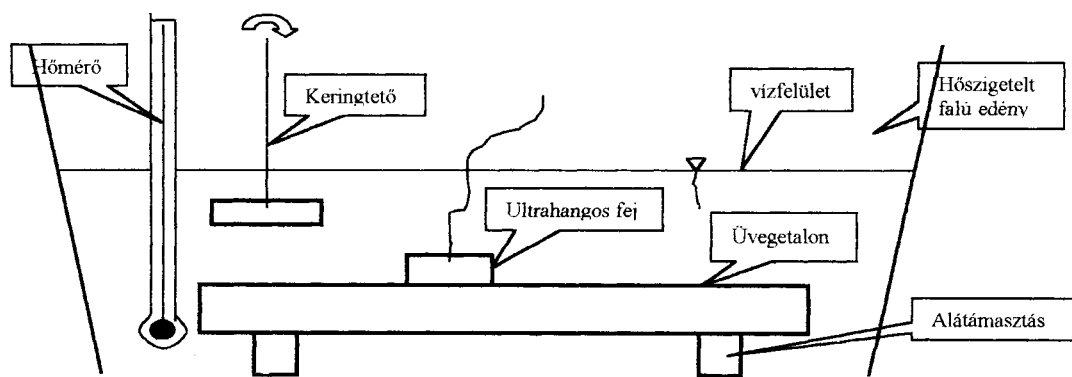
Mindkét függvényből jól látható a linearitás, ennek bizonyításának részletezésétől most eltekintek.

6. Az elvégzett vizsgálat, és az eredmények

A vizsgálat során a Miskolci Üveggyár által előállított fehér-síkűveg lineáris regressziós kalibráló-görbéjét készítettem el 8-60°C-os hőmérséklettartományban.

A vizsgálatához használt síkűveg etalont 9,75mm és 14,95mm vastagságúnak mértük 22°C-on.

Az USN52 típusú ultrahangos vizsgálati berendezést ezen a hőmérsékleten kalibráltuk az MSEB-4-es 4MHz-es vizsgálófejjel, majd az alábbi elrendezésben elvégeztük a sebességi adatok felvételét.



Vizsgálat során 60°C-os vízből indultam ki és a víz természetes hűlését kihasználva, valamint az alacsonyabb hőmérsékleteken jég adagolásával értem el a kívánt hőmérsékleteket.

A lineáris hőtágulási együtthatót 0,000008 [1/°C]-nak találtam. (Az ezzel módosított értékek az x-ek.)

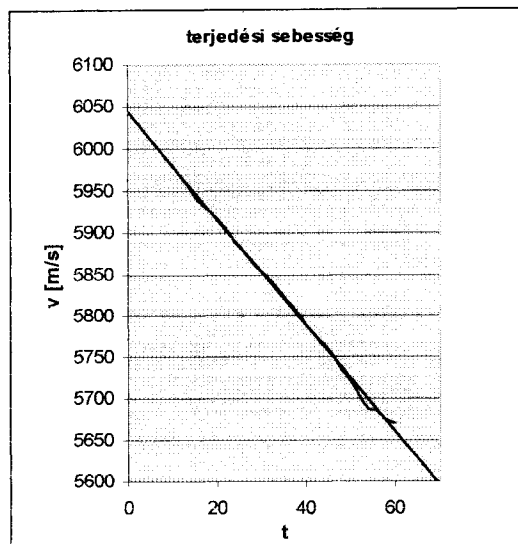
Így a lineáris regressziós egyenes kiszámítása:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \underline{-6,40609} \quad b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = \underline{6044,52}$$

Az egyenes egyenlete: $y = b_0 + b_1 x$

Ahol x_i -k a lineáris hőtágulási együtthatóval módosított mért értékek, az y_i -k a hőmérsékleti szintek.

A meghatározott egyenes és a felvett pontok eltérése láthatóan elhanyagolhatóan kicsi:



7. A tapasztalatok összegzése, fejlesztési lehetőségek

A vizsgálatok során kiderült, hogy az eltérő hőmérsékleteken történő kalibrálás egyszerűsíthető és egy úgynevezett regressziós kalibrálási görbével meghatározható a fő paraméterként szükséges terjedési sebesség. A vizsgálatot üvegre készítettem el, és csupán (a fej adottságaiból adódóan) 8-60°C-os mérési tartományban. Mivel léteznek olyan fejek, amelyekkel akár 200°C-on, vagy a felett is lehet mérni, így érdekes lenne a jövőben ezt is tovább vizsgálni.

Az is fontos előnye ennek a vizsgálatnak, hogy olyan esetben, amikor a terjedési sebesség nem lineárisan változik, hanem ettől esetlegesen eltér, akkor is alkalmazható ez az elv, csak nem lineáris regressziót, hanem parabolikus, exponenciális, vagy másféle regressziót kell alkalmazni.

A vizsgálat során hátránnyként merült fel, hogy a berendezés csak 1 visszhangjelet tudott vizsgálni egyszerre, így a visszhangjelek különbségét nem tudtam folyamatosan vizsgálni, csak a szélső hőmérsékleti pontokban végeztem ellenőrzést. Olyan berendezés esetében, ahol ez megoldható, a késleltetési idő változásának esetleges vizsgálata is elvégezhető, így a vizsgálat szinte teljesen egyenértékű kalibrálást tesz lehetővé (a laboratóriumi körülmények miatt talán jobbat is). (Ilyen berendezések már rendelkezésre állnak a piacon.)

Az eredmény ismeretében egy számítógép segítségével, amely a hőmérsékleti jel alapján soros kommunikáció útján állítani tudja a sebességi paramétert, a kezelő feladata rendkívül könnyűvé válik.

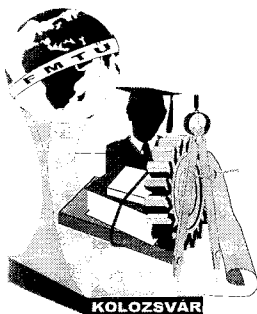
Én a vizsgálat során 2-szeres visszhangjelet vizsgáltam, de a vizsgálat elvégezhető 3-szoros, 4-szeres stb visszhangjelekkel is, amivel tovább lehet növelni a vizsgálat pontosságát és megbízhatóságát.

Irodalomjegyzék:

- [1] Theodor F Hueter - Richard H. Bolt: Sonics, Techniques for the use of sound and ultrasound in engineering and science., Massachusets Institute of Technology
- [2] A.P.Craknell: Ultrasonidos, 1983. Madrid
- [3] John William Strutt-Baron Rayleigh: The theory of sound
- [4] E.G. Richardson: Ultrasonic Physics, Elisevier publishing, London
- [5] Robert T. Beyer-DStephen V. Letcher: Physical ultrasonics., Academic Press New York and London
- [6] Cyril M. Harris: Handbook of acoustical measurment and noise controll, Columbia University. 1991.

Dr. Cselényi József / egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék / Miskolc-Egyetemváros, Tel:46-365111(1029) / Fax: 46-367828

Hegedűs Csaba / doktorandusz, Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék / Miskolc-Egyetemváros, Tel:30-380144 / Fax: 46-367828



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 asztalmozgás 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.

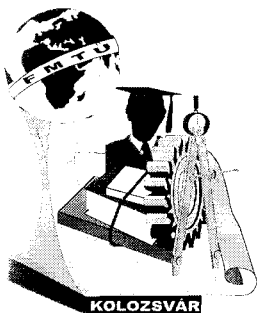
A hántolócsiga csiga alakú szerszám és méretei a csiga méreteivel azonosak. Mindkét fogoldalon forgácsolóélek vannak kiképezve. Ez a szerszám drága, de a hátramunkált maró méretcsökkenéséből származó eltérések kiküszöbölése és a felületi érdesség javítása érdekében célszerű alkalmazni .

A hántolási 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-dul 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

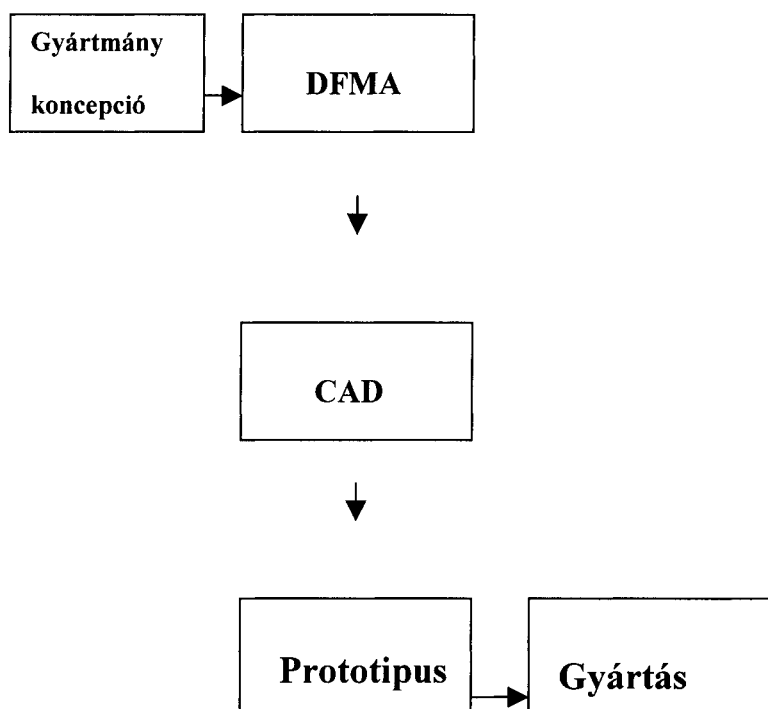
A világ versenyképes vállalatainak figyelme az utóbbi évtizedben a **versenyképes termékekre** irányul. Korszerű-e a termék, milyen a minősége, mit tudnak a versenytársak? – sorolhatnánk azokat a kérdés feltevéseket, amelyek egyre újabb válaszokat követelnek azoktól a vállalatoktól amelyek a világpiaci 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 szoftwerek lehetővé teszik a vállalatok számára a saját tervezési adattárak kialakítását is.



A DFMA-val elért eredmények:

- Alkatrész - szám csökkenés51.4 %
- Alkatrész – költség csökkenés37.0 %
- Piacra kerülési idő lerövidlése50.0%
- Javulás minőségben és megbízhatóságban68.0 %
- Szerelési idő csökkenés62.3 %
- Gyártási ciklusidők csökkenése57.3 %

Hol alkalmazzuk ?

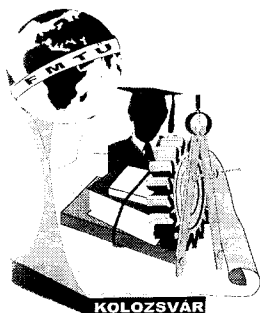
- hadipari berendezések (fegyverek, harci járművek, repülőgép technikák, stb.)
- járművek illetve azok alkatrészei (haszonjárművek, személygépkocsik, motorok, hűtők, generátorok, stb.)
- háztartási gépek (porszívók, kávéfőzők, lámpák melegítők, záruk, stb.)
- elektromos gépek (számítógépek, videók, magnók,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

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 fogaskerékajtás optimális tervezése [3]

A tervezési feladat a következő volt: *méretezni kell egy egyenesfogú általános fogazású lassító fogaskerékajtást, 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: $3,4 \cdot 10^{10}$.

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

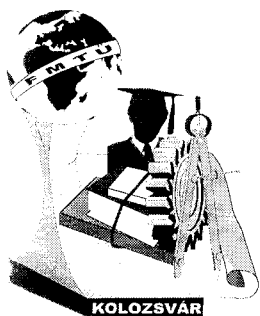
A fent bemutatott alkalmazás, valamint a Kolozsvári Műszaki Egyetemen tanulmányozott más alkalmazások is (csavaros összeszerelések optimális tervezése, egy tartálysorozat gyártási költségeinek minimizálása stb.) egyértelműen bizonyítják a Genetikai Algoritmusok alkalmasságát olyan feladatok megoldására, 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 grafikusán 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

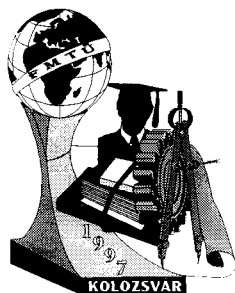
Strojnícka fakulta TU Košice

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 FÉMPORHENGERLÉS A PORKOHÁSZAT EGYIK JELENTŐS ÁGA

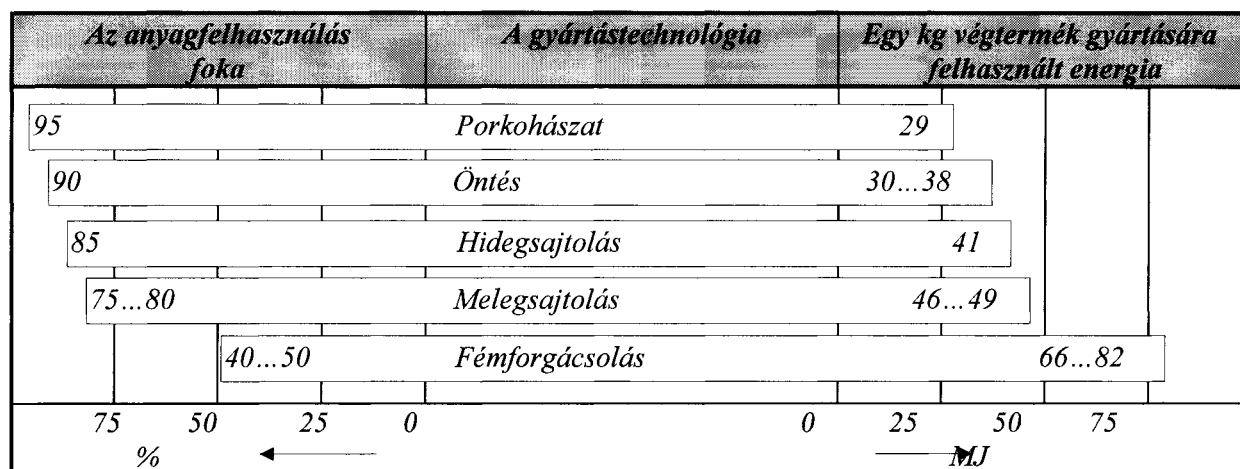
Prezensky István

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.



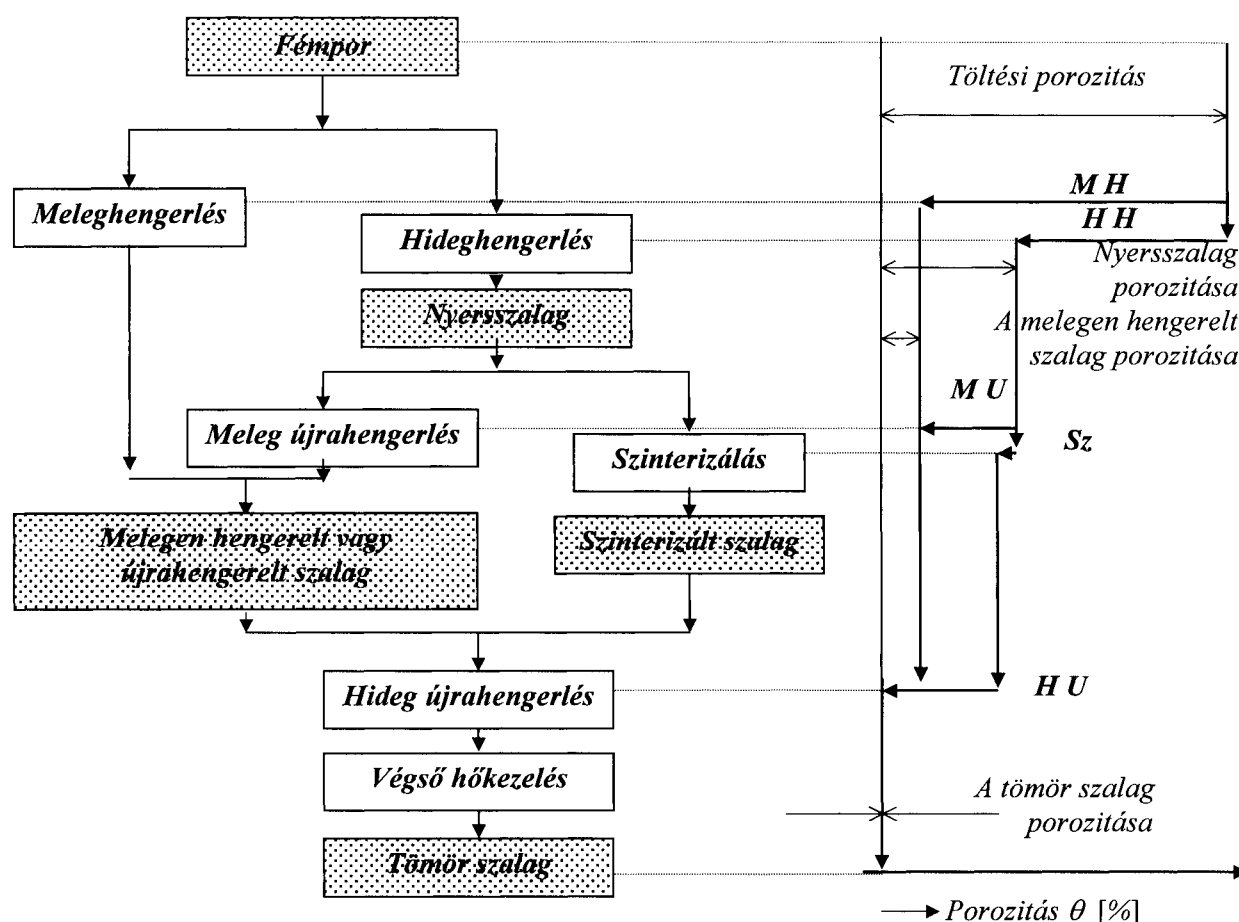
1. ábra A különböző gyártástechnológiák összehasonlítása [2]

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

2. A FÉMPORHENGERLÉS

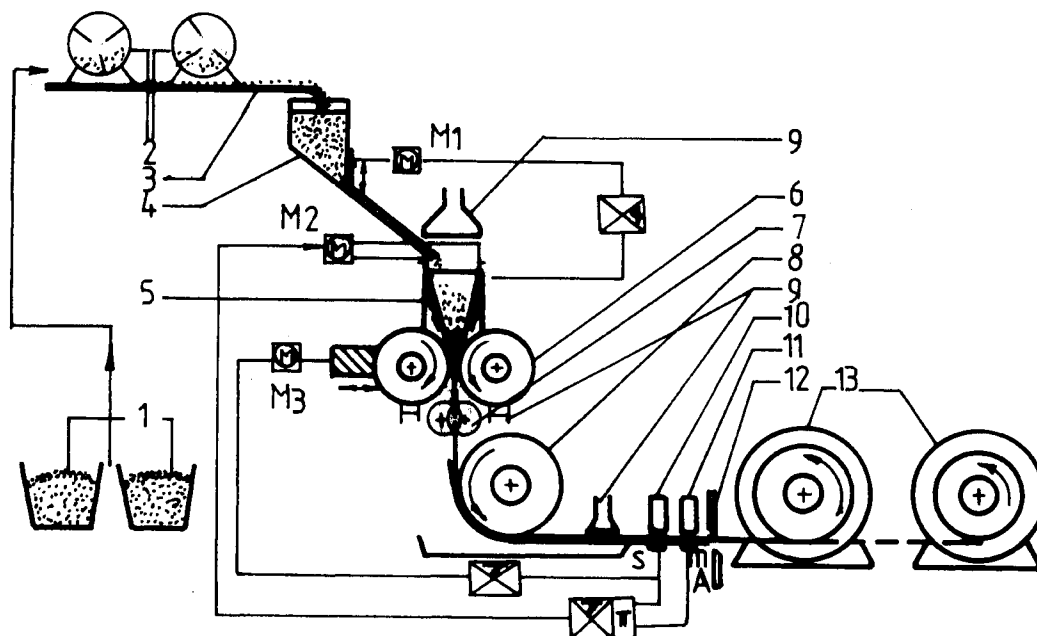
A különböző, minőségi fémporok gazdaságos előállítását célzó kutatások eredményei lehetővé tették a porkohászati úton gyártott olcsó szalagok előállítását. A fémporok hengerlése nagy hatásfokkal rendelkező technológiai folyamat és mind fontosabb részt foglal el a modern gyártástechnológiában. A fémporhengerlés 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 újra hengerlés, HU - hideg újra hengerlés)

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.

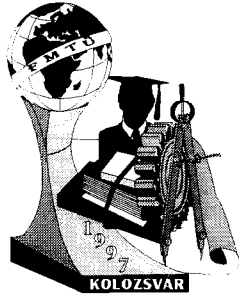
SZAKIRODALOM

- [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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

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 (ψ_{max} , $-\psi_{max}$) újraélezési tartományban egy homlokfelület-sereget kapunk.

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

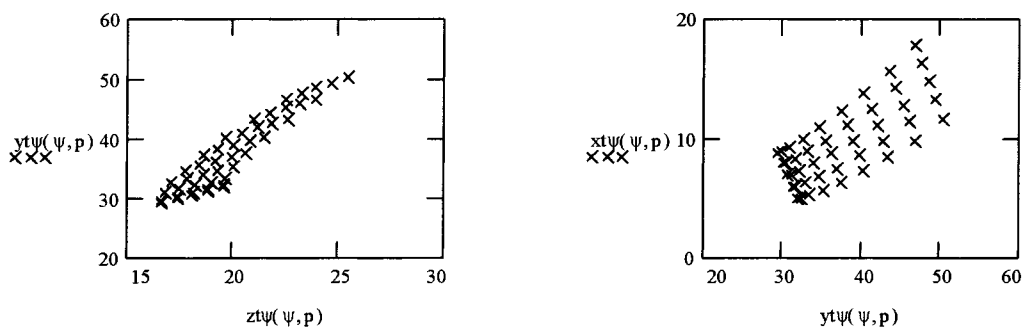
A burkolócsiga axiális profilját meghatározva származtatjuk a borkolócsiga-felületek sokaságát a hátraköszörülési paraméter függvényében a teljes (ψ_{\max} , $-\psi_{\max}$) újraélezési tartományban.

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

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.

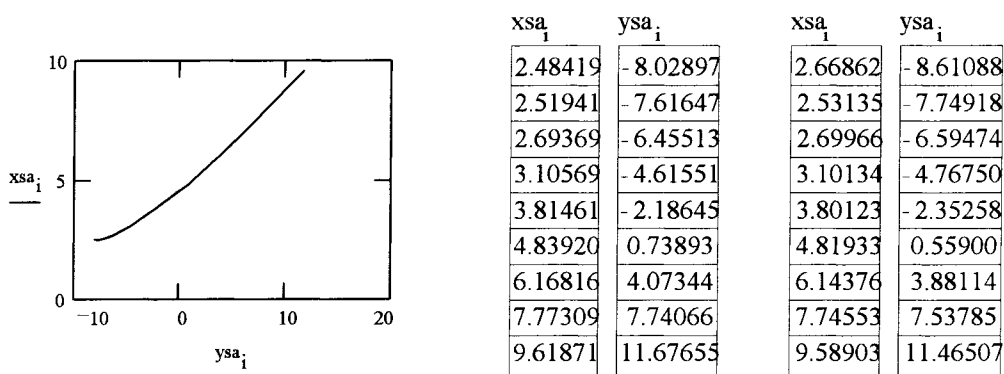


1. ábra. Az elméletileg pontos hátfelületet két vetülete 45 pontban meghatározva.

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).



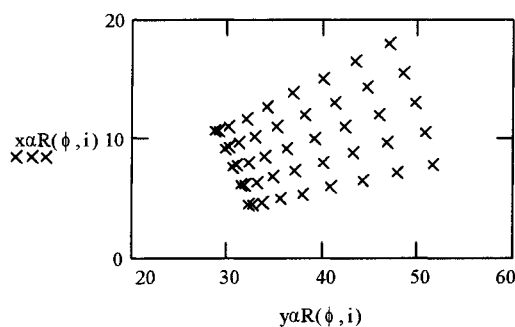
2. ábra. Az első- és középső elméletileg pontos vágóélel származtatott köszörűkorong profilok.

3. A valódi hátfelület meghatározása

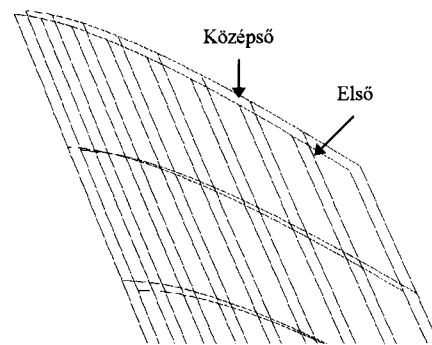
A két különböző köszörűkorong két különböző valódi hátfelületet fog burkolni. A valódi hátfelület a kétparaméteres burkolás során, a köszörűkorong és a köszörülendő hátfelület közötti karakterisztikus görbék mértani helye a csigamaró ϕ forgásparaméterének függvényében.

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

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



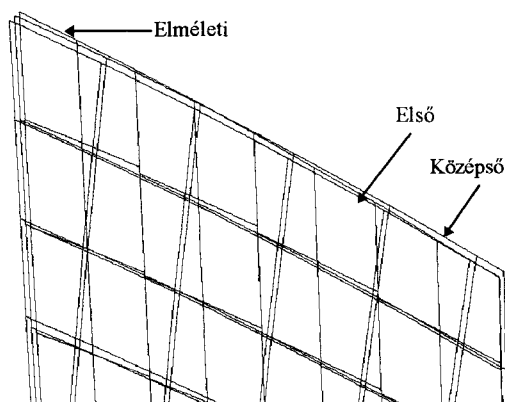
3. ábra. Az első vágóélel származtatott valódi hátfelület 45 pontban.



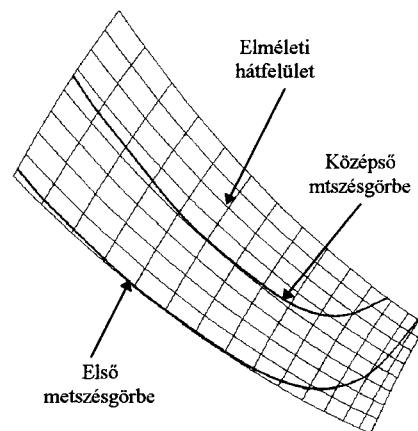
4. ábra. Az első-és középső vágóélel származtatott hátfelületek modellrészlete.

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 élel származtatott hátfelület esetén (5, 6. ábra).

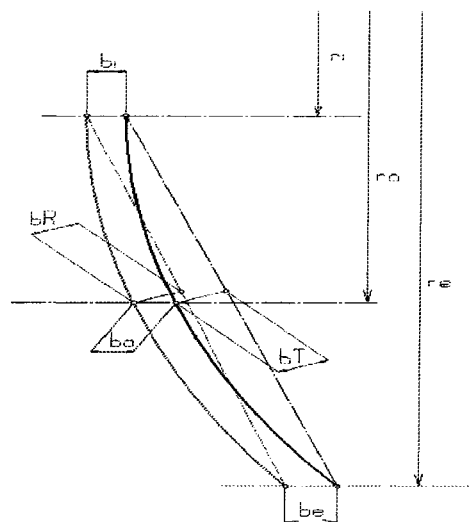
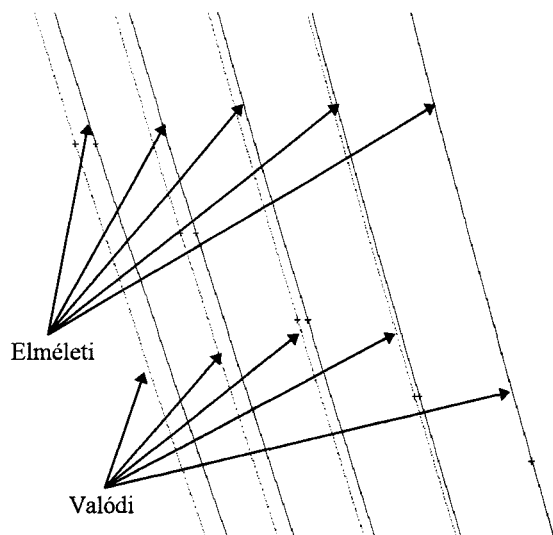


5. ábra. Az elméleti, az első és középső vágóélel származtatott hátfelület.



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 profilmodosulását (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 vágóéllel származtatott köszörűkoronggal való hátraköszörülés esetén a profileltérés a felére csökkenthető a teljes újrafenési tartományban.

1. táblázat

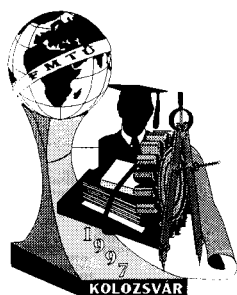
ψ [deg]	$b_{a1}=x_{R10}-x_{T10}$ [mm]	$b_{01}=x_{R10}-x_{T10}$ [mm]	b_T [mm]	b_{R1} [mm]	b_{TK} [mm]
5,0	0,001	0,053	0,853	0,863	0,858
2,5	-0,026	0,028	0,788	0,815	0,812
0,0	-0,054	0	0,752	0,768	0,791
-2,5	-0,082	-0,027	0,707	0,726	0,723
-5,0	-0,109	-0,052	0,670	0,690	0,688

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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

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

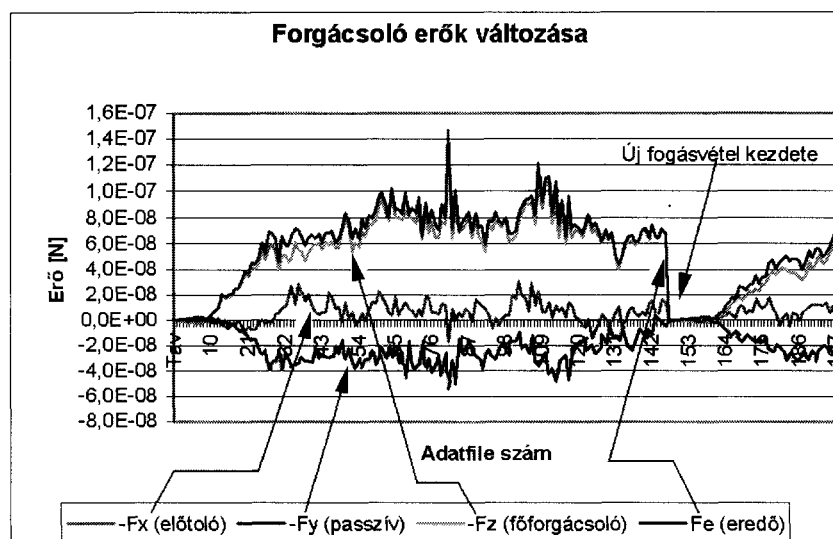
A mikroforgácsolási folyamatok ún. molekuláris dinamikai szimulációja, atomok potenciális energiájának és atomok közötti erők számításán alapuló modellezése egyre jobb közelítését adják a valós anyagleválasztási folyamatoknak és azokat kísérő jelenségeknek (pl. ultrapontos esztergálás gyémánt késsel). 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.

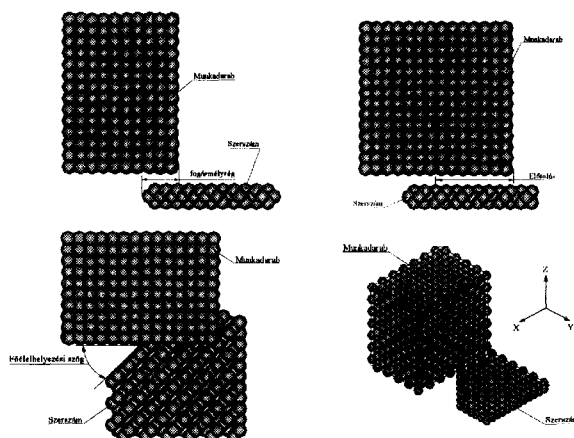
1. táblázat

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.



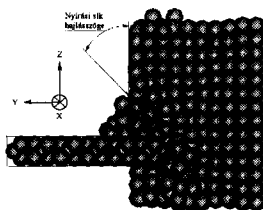
2. ábra. Atomokból felépített szerszám és munkadarab modellek.

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.

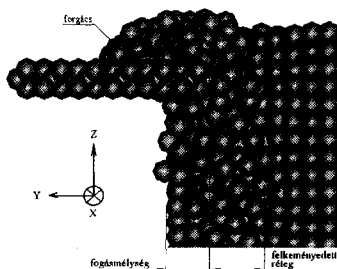
A hely hiányában csak nagy ugrásokban haladunk és mutatunk meg még egy-egy datfile számra jellemző esetet.

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 $8 \cdot 10^{-8}$ N nagyságú a főforgácsoló erő, kb. $1 \cdot 10^{-8}$ N körüli az előtolás irányú erő, a passzív erő kb. kétszerese az előző állapotnak: $4 \cdot 10^{-8}$ N nagyságú. Az eredő forgácsoló erő $9 \cdot 10^{-8}$ 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 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.

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 develvels 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

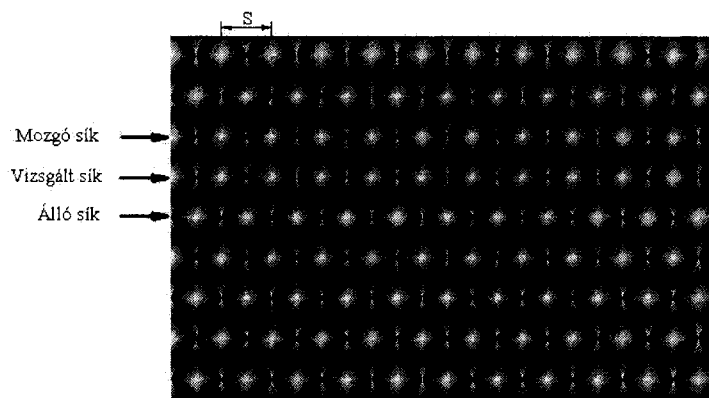
Ultrapontos forgácsolásnál (pl. esztergálásnál) a klasszikus forgácsolás elmélet számítási módszerei nem adnak kielégítő eredményeket. Új, számítógépi szimulációs módszereket (pl. molekuláris dinamikai szimuláció) kell alkalmazni.

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

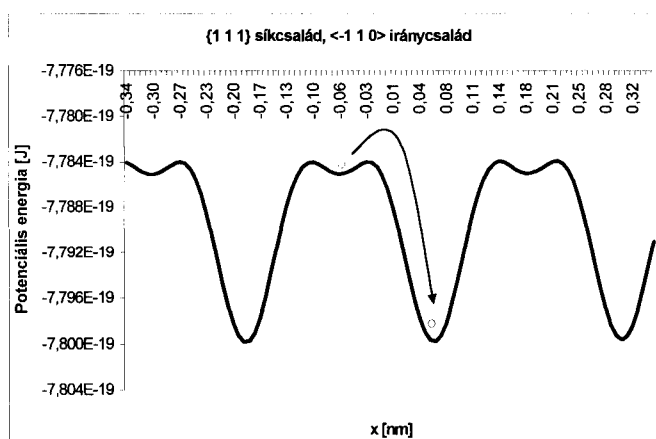
Az eddigi vizsgálódás során feltételeztük, hogy a kristálytani síkok elcsúszására felállított modellekben a csúszási síkban minden atom egyszerre mozdul el. Ez a jelenlegi ismereteink szerint pontosbításra szorul [5]. Tudjuk, hogy az anyagban jelenlévő kristálytani hibák - a díszlokációk - miatt az elcsúszás 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).



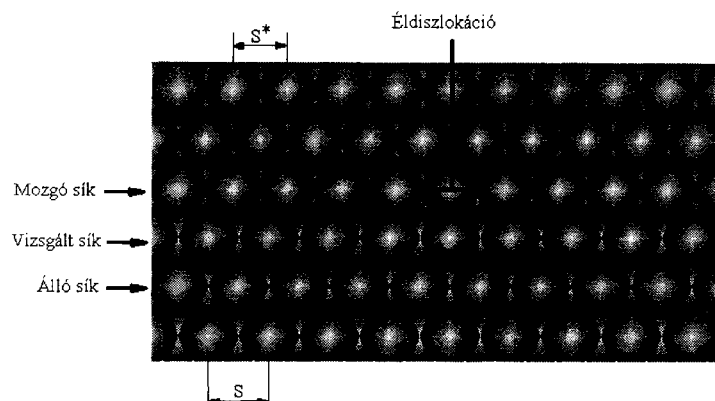
1. ábra. Díszlokáció mentes atomok.

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.

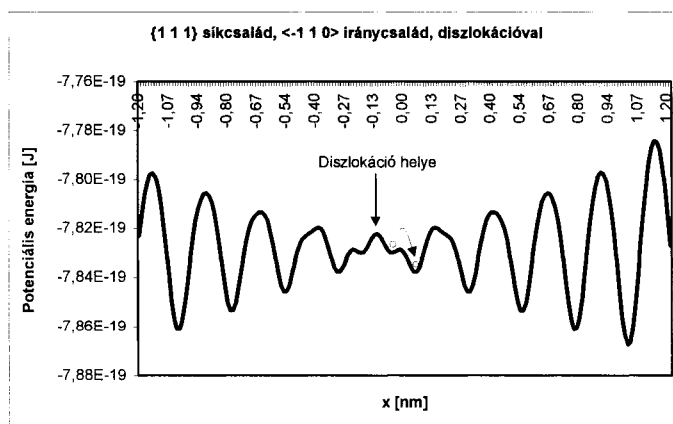
A 2. ábra az atom átugrás előtti és utáni egyensúlyi helyzetét is mutatja. Hasonlítsuk most össze az 1. ábrát és a 2. ábrán közölt diagrammot a következő, díszlokációt tartalmazó csúszó rendszerrel (L. 3. ábra).



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

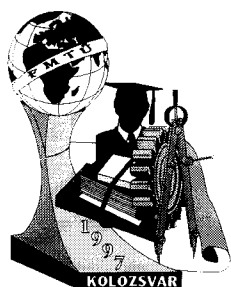
Megállapíthatjuk tehát, hogy a diszlokációk közelében oly mértékben torzul a potenciális energia, hogy a csúszó síkban lévő atomok minimális külső erővel kimozdíthatók egyensúlyi helyzetükből, illetve gyakran a meglévő mozgási energiájuk is már elegendő ahhoz, hogy tetszőleges a diszlokációhoz közeli szomszédos helyre átugorjanak. Ez utóbbi esetben annál szélesebb az a tartomány, melyet pusztán mozgási energiájukból kifolyólag bejárhatnak, minél több kristályrács 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 Temperatur 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 kristályrács 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 Gépáértástechnológiai 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 hipermedia 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 követhetők 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.

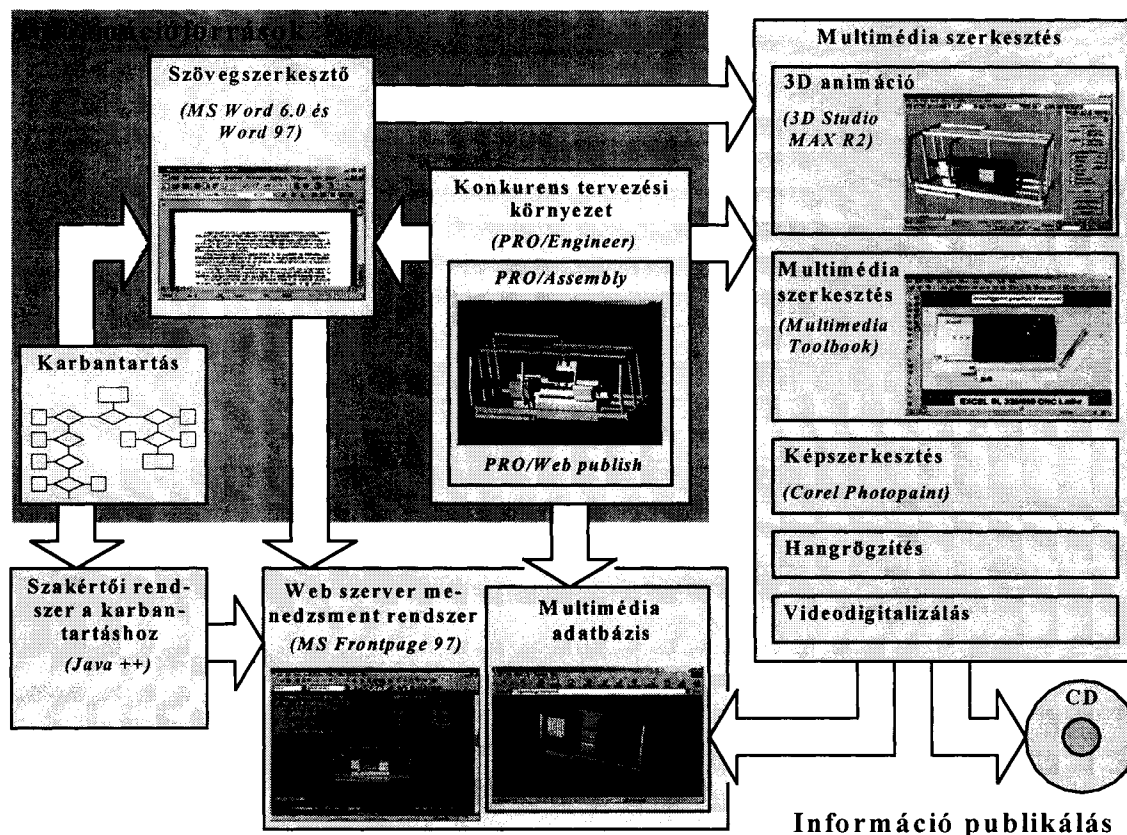
A multimédiás elemek miatt olyan operációs rendszerre van szükség, mely grafikus interfésszel rendelkezik. A ma alkalmazott rendszerek legtöbbje rendelkezik ilyen felülettel [2].

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]

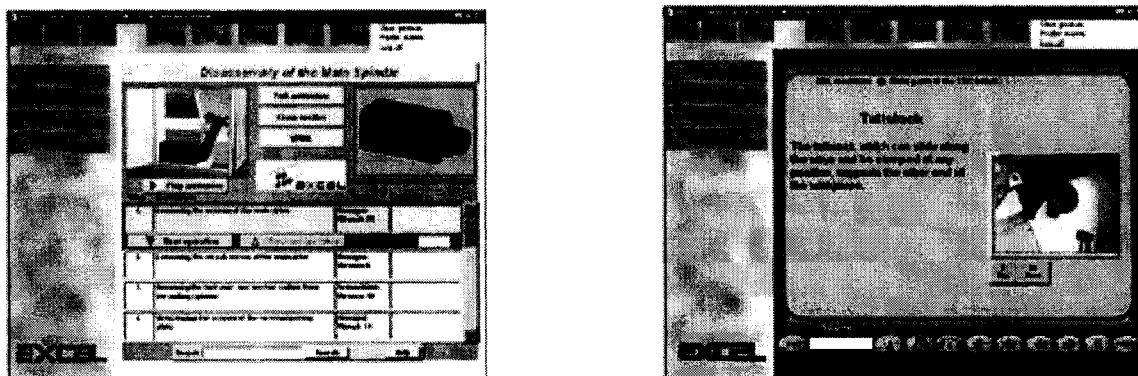
A megvalósított gépkönyv prototípus a papír alapú hagyományos gépkönyv hipertextesített változata, kiegészítve azokkal az új eszközökkel, melyeket a korszerű számítástechnika biztosít. A cél a lehetőségek bemutatása volt, nem pedig egy teljes és kész gépkönyv megvalósítása.

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



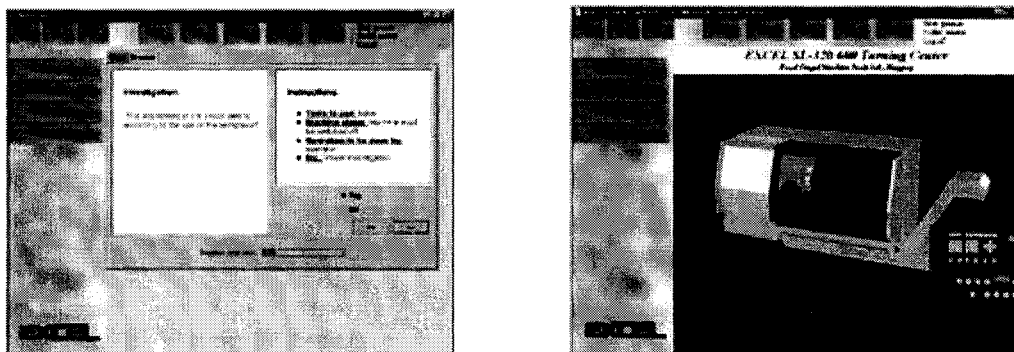
1. ábra. Az intelligens gépkönyv eredeti fejlesztési környezete

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 teszteket 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

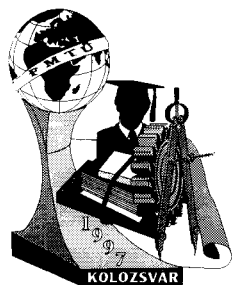
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszék

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.

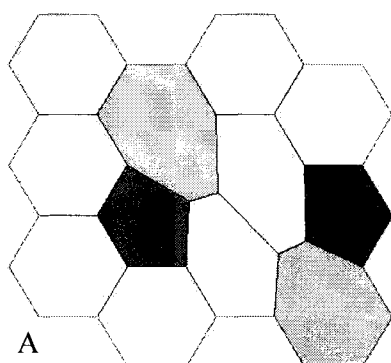
Igazolható továbbá, hogy az B sejttrendszer Aboav-rendszer, viszont az A rendszer nem az. A korábbi megfontolásokból következik ezért, hogy a B rendszerre nézve a három eltérő módszerrel becsült "a" paraméter szükségképpen azonos értékű, (vagyis $a_R = a_Z = a_W = 1$ teljesül). Ezzel szemben az A rendszerre 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.

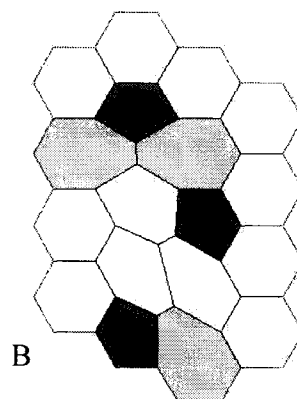
A topológiai mátrix ismeretében lehetőség kínálkozik a sejt kapcsolódások árnyaltabb számszerű minősítésére, így többek között definiálható a sejtrendszer I_C komplexitási indexe. Ez utóbbit a topológiai mátrix N_S sorainak és N_O oszlopainak különbségeként, azaz az $I_C = N_S - N_O$ kifejezéssel értelmezzük. 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.



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

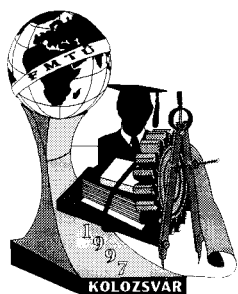
A témakörben készült munka az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatásával történt a T 030521 sz. projekt keretében.

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.

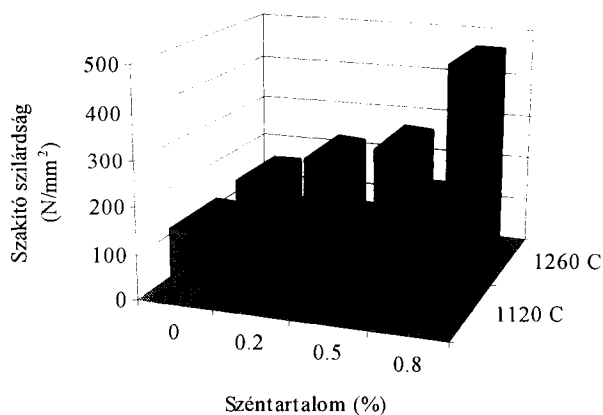
A kísérlet paraméterei:

- 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.

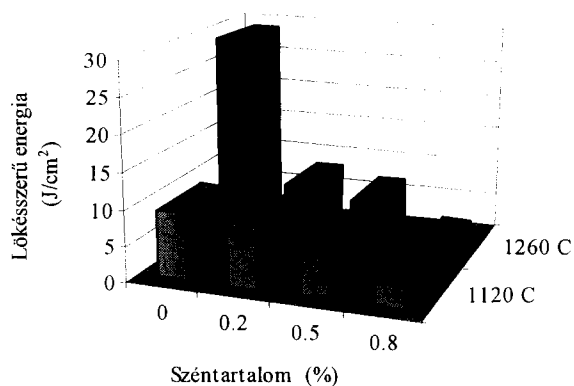
A fémporok préselését a Kolozsvári Műszaki Egyetem, Anyagtechnológiai tanszékén végeztük, míg a szinterelést a kolozsvári Sinterom Rt.-ben.

4.Eredmények, következtetések

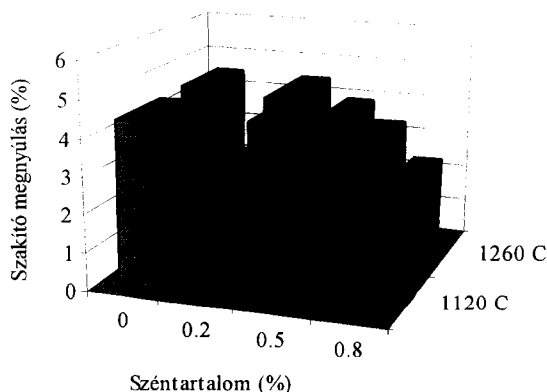
A szakító szilárdság kiszámításához szükséges erőt Fritz Heckert féle ZD40-es szakítógépen, a lökésszerű energiát, Fritz Heckert féle Psd 15 típusú gépen, míg a keménységet egy Emcotest M4 típusú digitális keménységmérő gépen mértük.



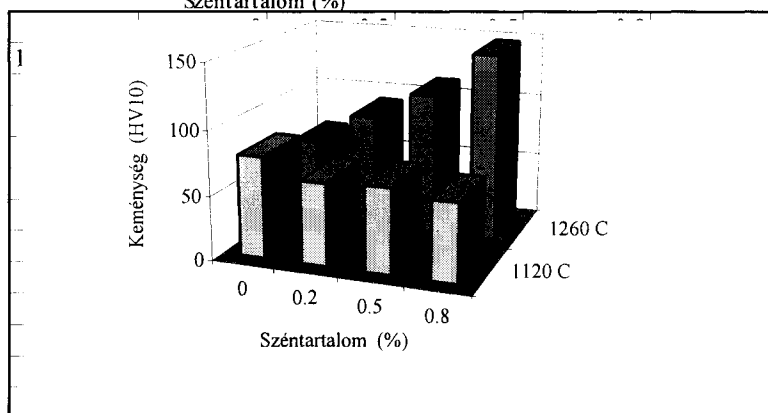
1.ábra A szakító szilárdság változása a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében



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 lökészerű 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.

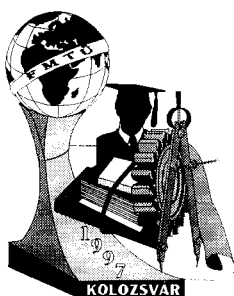
A 4. ábrán látható a HV10-es keménységváltozás a széntartalom és a szinterelési hőmérséklet függvényében. Az 1120 °C szinterelés esetében jelentéktelen változás tapasztalható, míg az 1260 °C szinterelés esetében. 124%-os folyamatos növekedés érhető el.

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

5. Szakirodalom

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

Zsóka 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

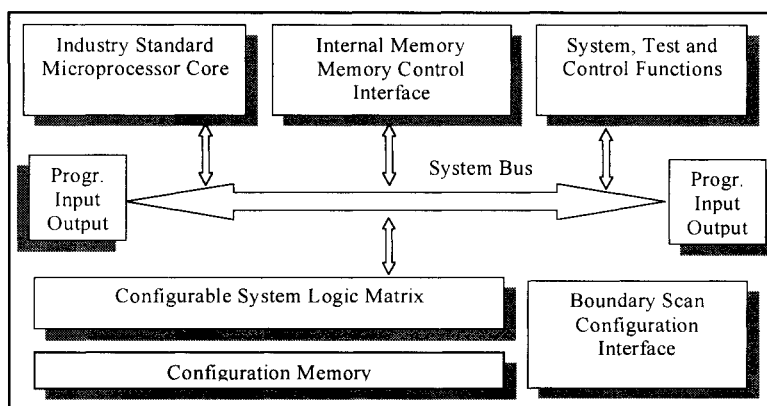
A dinamikus rekonfiguráció meghatározására különböző értelmezések adhatóak. Rendszer rekonfigurációról akkor beszélünk, amikor valós idejű alkalmazások (szoftver) módosítják a számítógép (hardver) felépítését [VCC 99]. A rendszer rekonfigurációt gyakran nevezik „adaptív” vagy felhasználó orientált alkalmazásoknak. 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.

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 megoldásként 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.

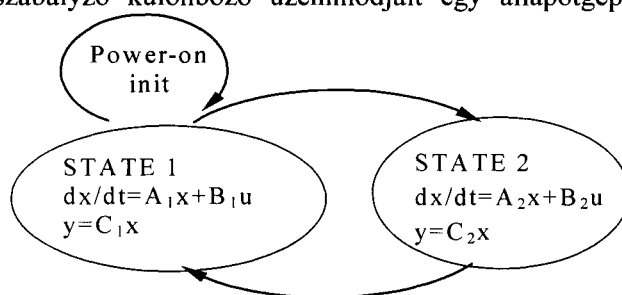
A Triscend E5 CSoC fő elemei a mikroprocesszor mag, adat/program memória, nagysebességű rendszer sín, konfigurálható logikai modul, mely a rendszersínhez kapcsolódik. A konfigurálható logikai modul az FPGA áramkörökhöz hasonlóan a CSoC logikai erőforrásait jelenti. A CSoC megoldás a konfigurálható szabályzó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

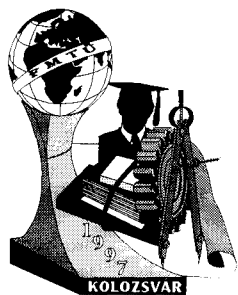
- [1] ÁRPÁD KELEMEN, MÁRIA IMECS: **Vector control of AC Drives**, OMIKK publisher Budapest, ISBN 963-593-140-9, Budapest, 1991
- [2] S. HAUCK: **The Future of Re-configurable Systems Keynote Address**, 5th Canadian Conference on Field Programmable Devices, Montreal, June 1998
- [3] J.M. MACIEJOWSKI: **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

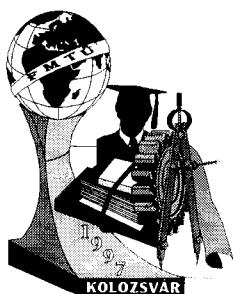
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány

Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

H-3519 Miskolctapolca, 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

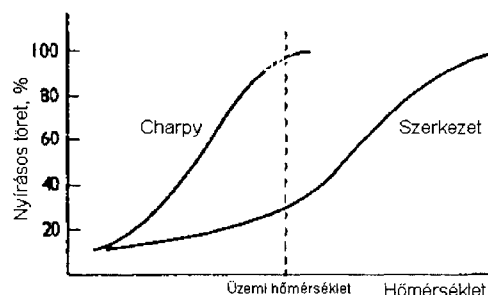
Klementis Ottó, Lenkeyné Biró Gyöngyvér, Tóth László, Horváth Ákos

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]

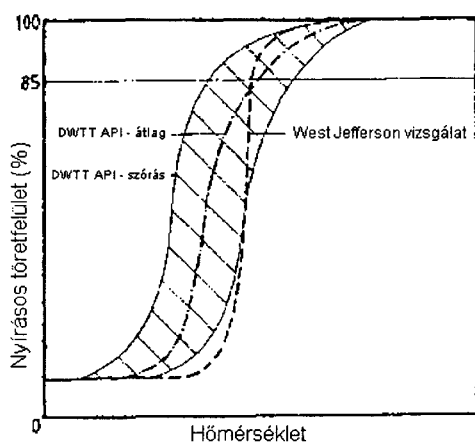
A DWT vizsgálatot elsősorban az olaj és gázvezetékek, valamint a tartályok lemezanyagainak vizsgálatára használják, de eredetileg a hajóiparban alkalmazták. A módszert ugyanakkor a nyomás-

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.

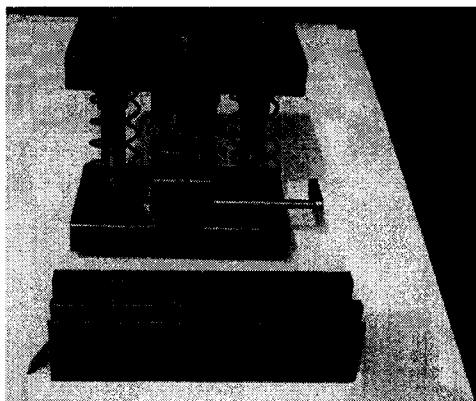
Annak ellenére, hogy általában a szabványokban nincs egyértelmű követelmény a DWTT mérőszámra vonatkozóan, egyes felhasználók előírják ennek minimális értékeit. Ezen eljárással is vizsgált nyersanyag tehát megbízhatóbban minősített és a piac követelményeinek jobban megfelelhet.

AZ EJTŐSÚLYOS VIZSGÁLAT HAZAI MEGVALÓSÍTÁSA ÉS EDDIGI TAPASZTALATAI

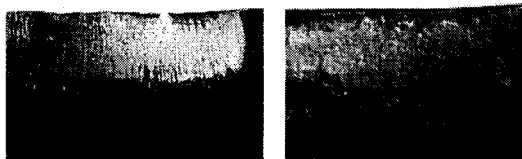
A repedésindító bemetszés besajtolásához speciális hidegalakító szerszámot terveztünk és építettünk (3. ábra). A sajtoló kés cserélhető, szerszámacélból készült. Eddigi tapasztalataink szerint egy használt élszakasz élettartama 10-12 alakítás (X52 anyag esetén), és ezután újra kell élezni. Egy

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.

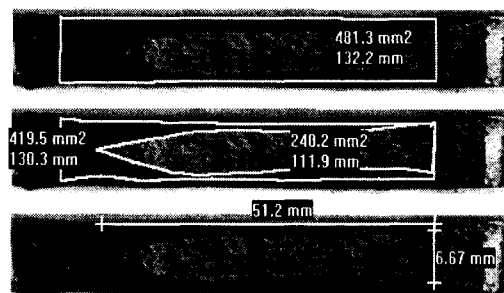
1. táblázat A vizsgált anyagminőség jellemzői

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.



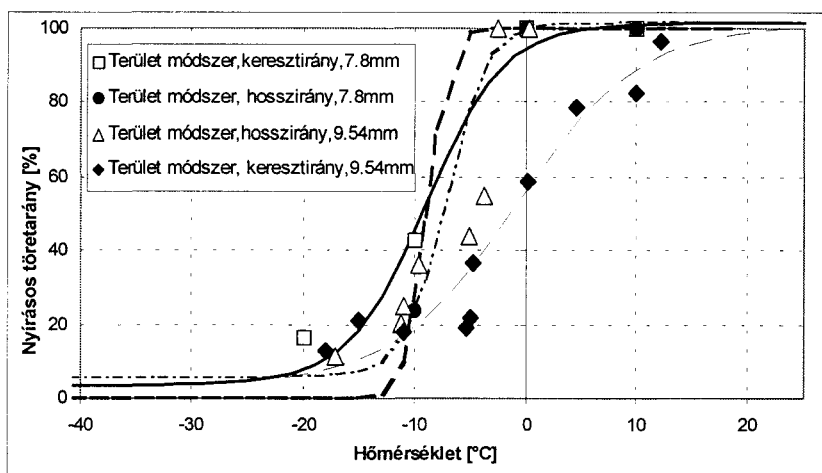
5. ábra. Különböző módszerekkel kiértékelt töretfelület (X52 anyagminőség, $T = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, keresztirány)

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 szolgáltatottak 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.

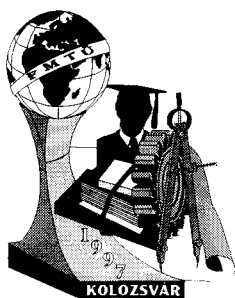
IRODALOMJEGYZÉK

- [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
Miskolctapolca, Iglói ú. 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

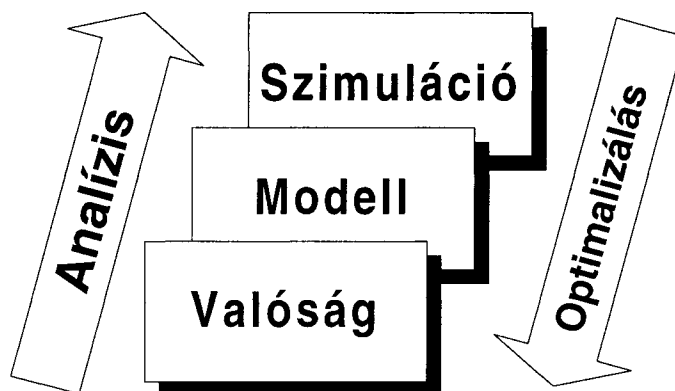
A modern iparban az anyagáramlási és logisztikai rendszerek tervezése egyre nagyobb és nehezebb feladatot jelent, amelynek optimális megvalósítása jelentős költségsökkenéssel jár, mind a tervezés, mind az üzemeltetés területén. A téves döntések komoly anyagi vonzattal járnak, amely a tervezők munkáját 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:

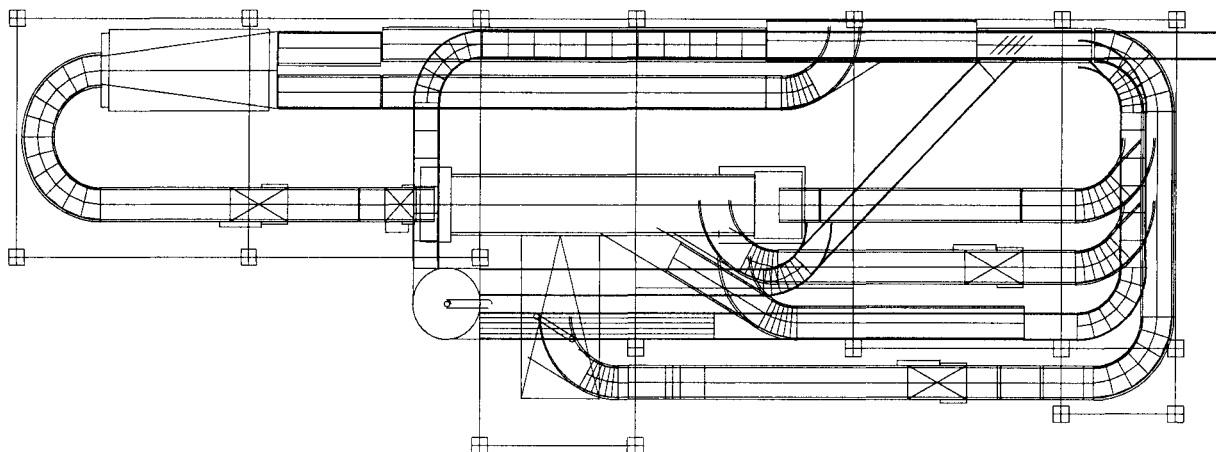
- szállítószalagból;
- görgős pályából;
- görgős torlasztópályából;
- forgó asztalból;
- és csúszdából

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

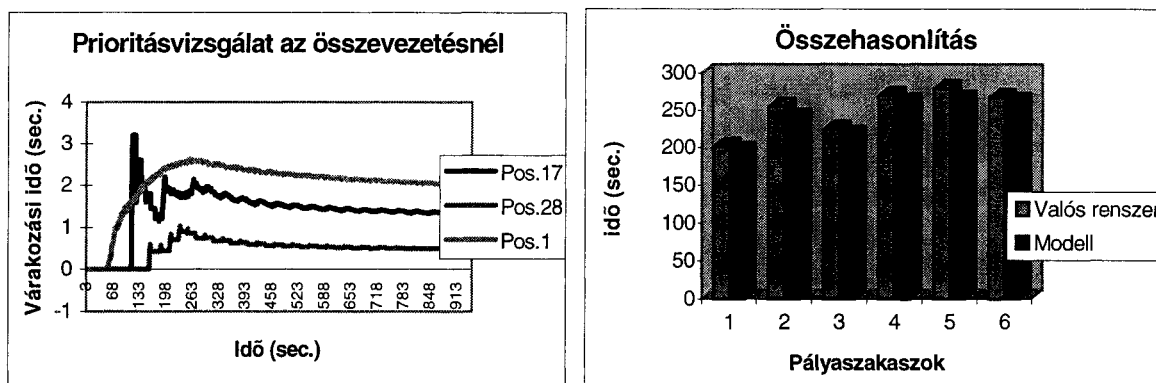
A rendszermodell egy számítógépes szimulációs program, **AutoMod** felhasználásával készült. Az elrendezési rajzok közvetlenül CAD-hez hasonló felületről vihetők be és külső CAD-adatok átvitelével állíthatók elő mérethelyesen. A modell nagyságát és bonyolultságát csak a rendelkezésre álló hardver (Pentium 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.

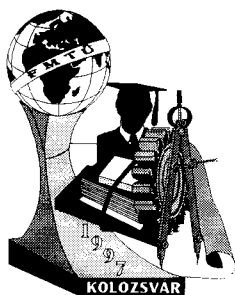
Összefoglalás

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 e 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:

$$T = \frac{C_{T1}}{v_c^3 + C_{T2} v_c^2 + C_{T3} v_c} \quad (C_{T1}, C_{T2}, C_{T3} \text{ a forgácsolás paramétereitől függenek})$$

A forgácsolt úthossz pedig:

$$L = T \cdot v_c; \quad L = \frac{C_{T1}}{v_c^2 + C_{T2} v_c + C_{T3}}$$

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:

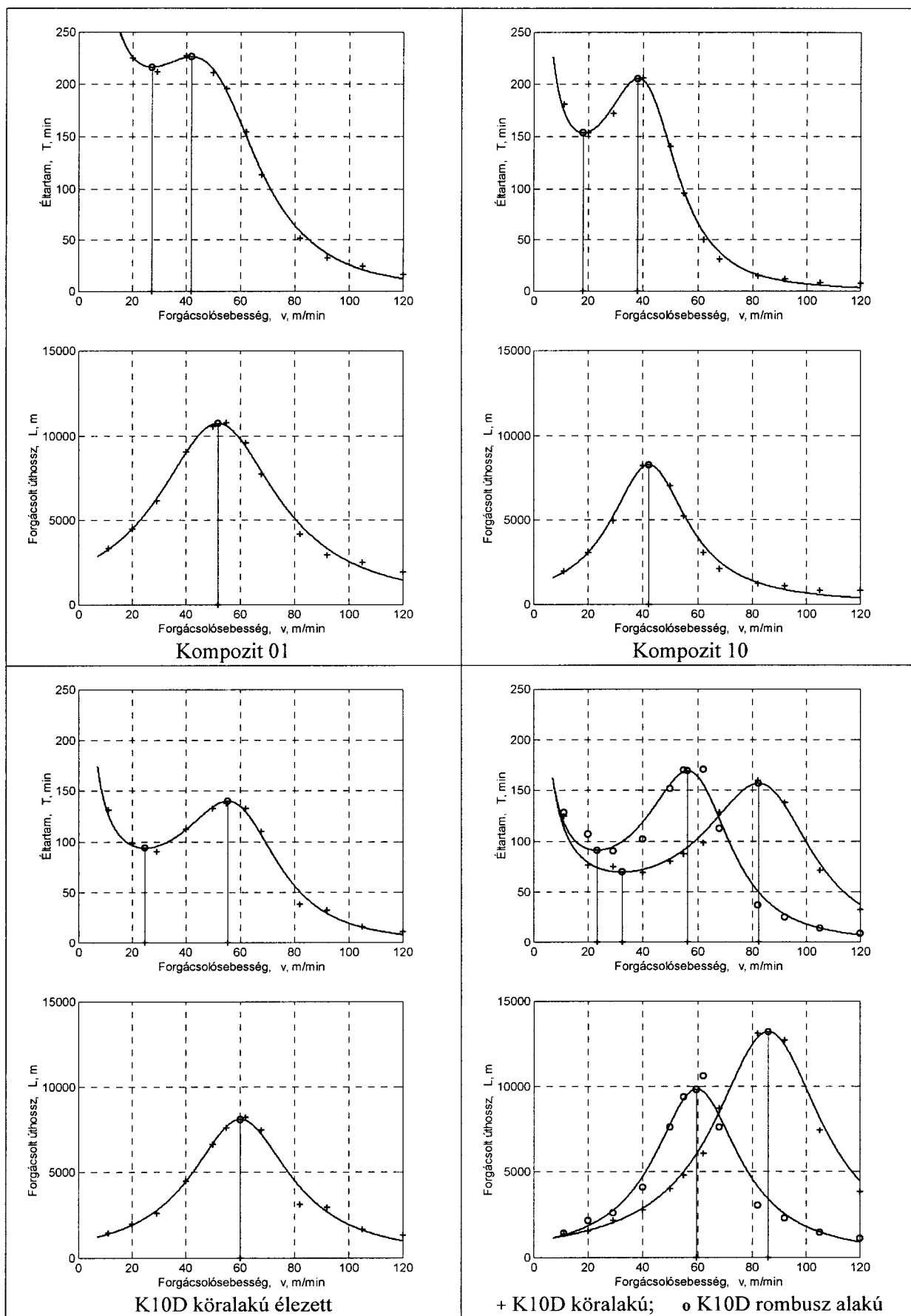
- forgácsolószerszámok:
 - Kompozit 01 és Kompozit 10; $\gamma=-5^\circ$; $\alpha=\alpha'=15^\circ$; $\lambda=0^\circ$; $\kappa_r=45^\circ$; $\kappa_r'=2^\circ$; $\kappa_r''=15^\circ$; $b_e=0,3$ mm/;
 - K10D kör alakú forgácsolólapka RNMN 050400 Ø 5,56; H=3,97 mm;
 - K10D kör alakú élezett forgácsolólapka RNMN 050400 Ø 5,56; H=3,97 mm $\gamma=-5^\circ$; $\alpha=\alpha'=15^\circ$; $\lambda=0^\circ$; $\kappa_r=45^\circ$; $\kappa_r'=2^\circ$; $\kappa_r''=15^\circ$; $b_e=0,3$ mm/;
 - K10D rombusz alakú forgácsolólapka CNVN 040404 Ø3,97 mm; H= 3,97 mm;
- munkadarab: edzett csapágyacél: 100Cr6 HRC 62±2; Ø60 mm;
- szerszám gép: 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_{T1} , C_{T2} és C_{T3} paramétereit. A 3. táblázatban e paraméterek számított értékei mellett megadtuk minden görbéhez az R^2 (korrelációs koeficiens) és az R_a^2 (korrigált korrelációs koeficiens) mutatóit is.



1. ábra
Az szerszámtartam és a forgácsolt 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

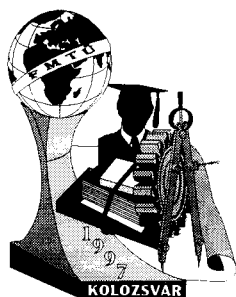
Bizonyítást nyert a javasolt éltartamegyenletnek az az előnye, hogy a teljes forgácsolósebesség-tartományra érvényes, és a gyakorlatban alkalmazható. A kopás- és éltartamkísérleteket a megszokott módon elvégezve meghatározhatók az egyenlet együtthatói. További feladat, hogy irodalmi adatok feldolgozásával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

Irodalom

- [1] J. Kundrák: The Scientific Principles of Increasing the Effectiveness of Inner Surfaces' Cutting with CBN Tools, Academic Doctoral Dissertacion. Harkov, 1996.
- [2] J. Kundrák: 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. Kundrák 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

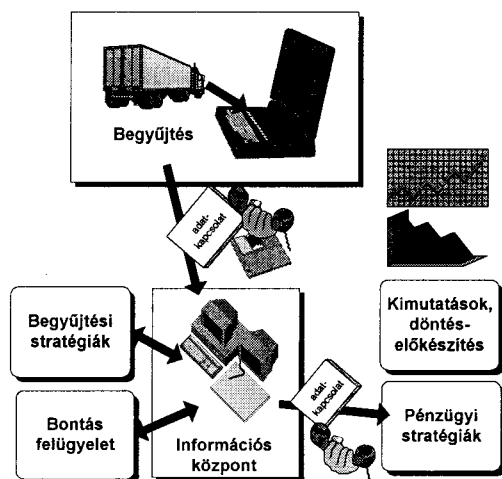
A kialakított menedzsment rendszer feladatai a következők:

- 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).

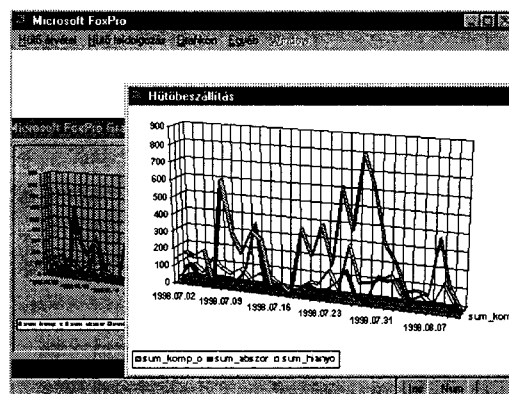
3. Következtetések

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. január	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
1998. február	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998. március	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
1998. április	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998. május	Háztartási hűtőgép	8418 21-022	
1998. június	Háztartási hűtőgép	8418 22-025	
1998. július	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

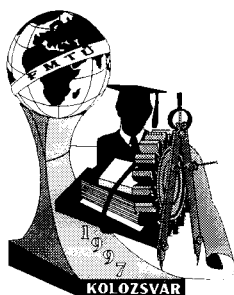
Az elektronikai termékek problémája a veszélyes-anyag tartalom és a nagy mennyiség miatt komoly környezeti problémát okoz a termékek használatból kikerülése után. E probléma megoldása sürgető feladat. Az EU kezdeményezések felgyorsították a probléma megoldását célzó folyamatokat, a gyártók mind nagyobb 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)

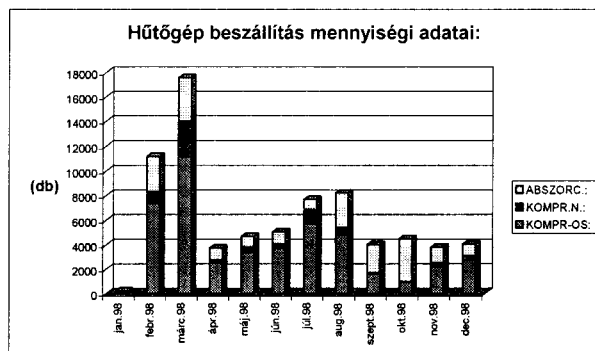
A hűtőberendezések elavulási idejét Magyarországon meglehetősen nehéz meghatározni, mivel:

- 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.

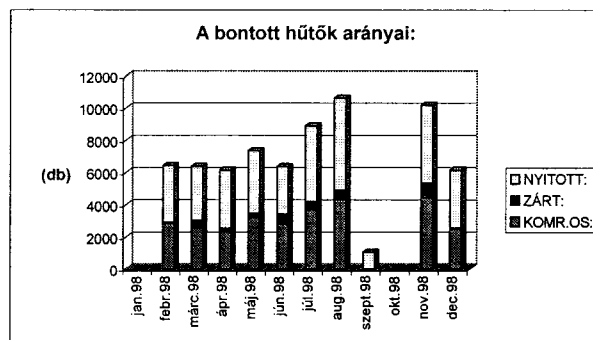
4. Támogatási rendszer

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

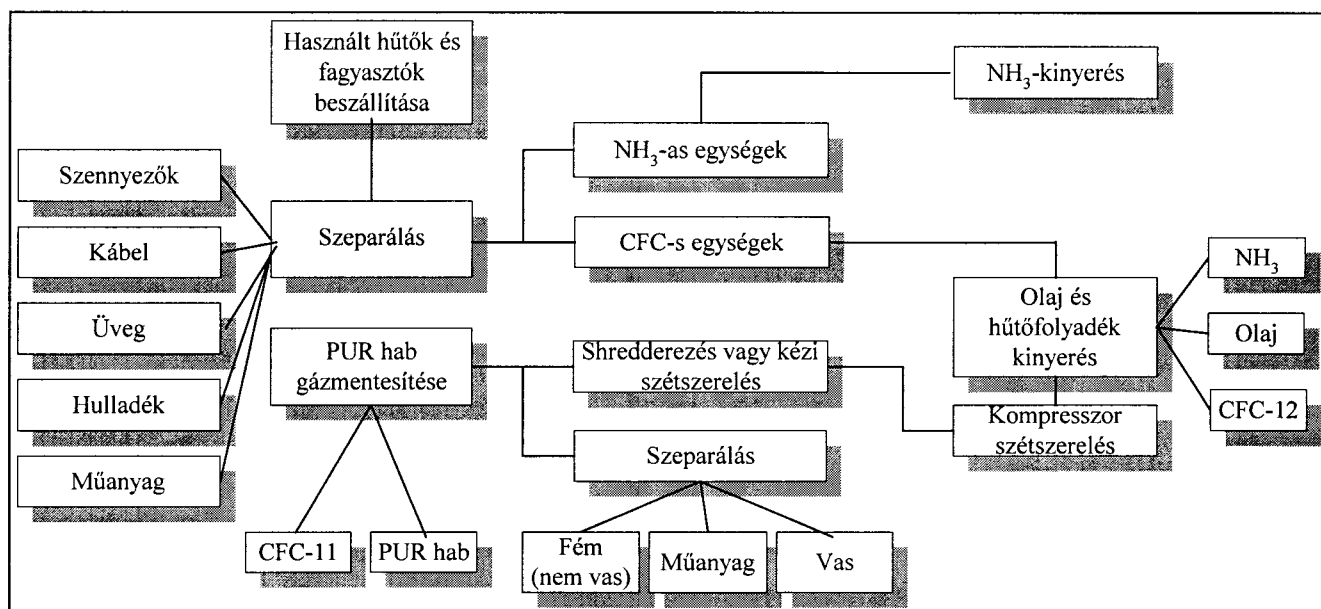
Kézi munkával történő szétszerelés idő és munkaigényes feladat. Ez volt a hűtőszekrények szétszerelésének első lépése, ahol először a veszélyesnek minősülő freont választották el, majd kézi vágóberendezéssel a berendezés ajtaját. A szintén veszélyesnek számító szigetelőréteget: a PUR-habot a gépi feldolgozás 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

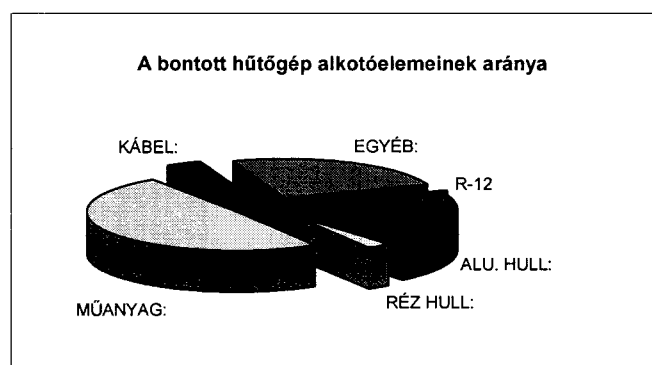
A gépi feldolgozás ebben az esetben két külön fázisra bontható:

- 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

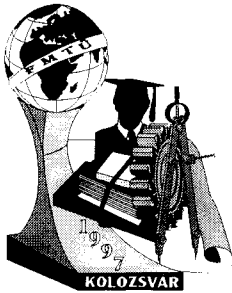
3519 Miskolctapolca, Iglói u. 2.

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 származatófelületet leképezést 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 leképezés, ($D_{df} < D_{dl}$) meretekenél a hordkép két részre esik szét "kilyukad". Ezek figyelembevételével $D_{df} = D_{dl}$ maximális utánaélezési állapotig használható a lefejtőmaró.

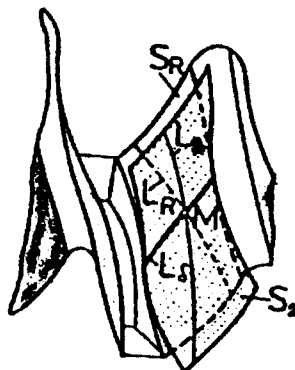
A homorú profilú csigahajtások esetén a kapcsolódás egy homorú és egy domború felület között jön létre, így a helyes hordkép kialakítása (bejáratása) hosszadalmasabb és költségesebb mint más szabványosított csigahajtások gyártásakor.

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_6 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;

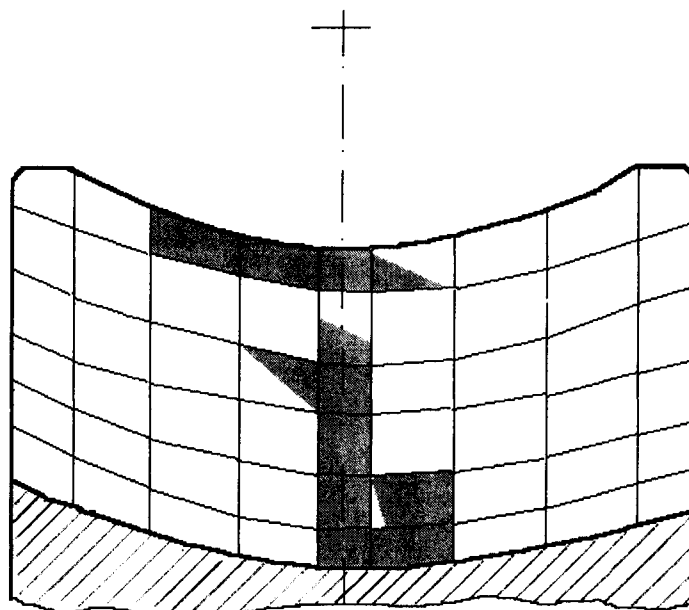
$-n_{x0}, n_y, n_{z0}$ a burkolócsiga normálisai;

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

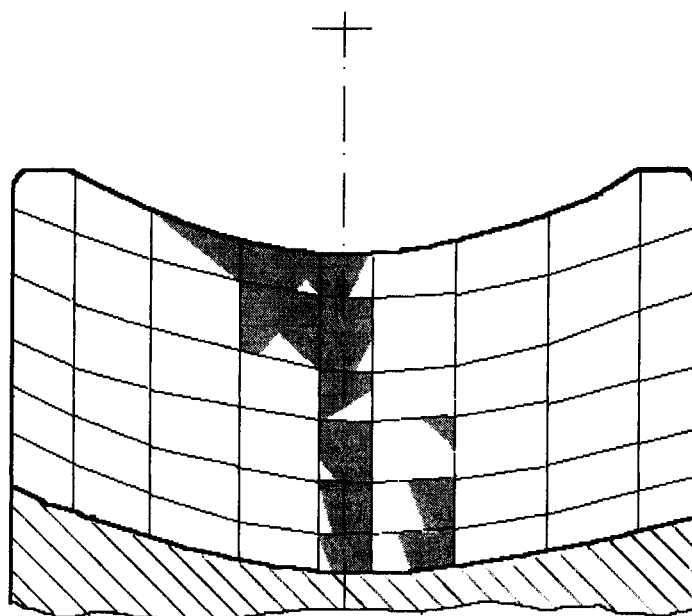
Adottnak tekintve az S_2 felület egyenletét meg kell határozni a burkolócsigát leíró L_0 görbe egyenletét úgy, hogy a (2) és (3) egyenletek érvényesek maradjanak a görbe minden pontjára. Kiténik, hogy van két egyenlet egy változóval és egy változtatható paraméterrel (csigamaró bedöntési szöge), így csak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

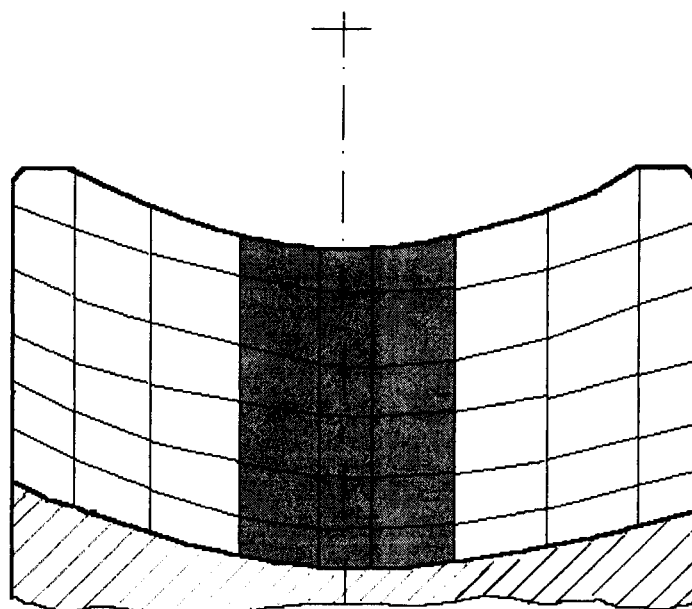
A fent említett algoritmust az [1] és [4]-ben javasolt módszerekkel összevetve, Cavex típusú csigamarók tervezésénél elemezték. A különböző eljárásokkal keletkezett hordképeket a 2,3,4 ábrák szemléltetik.



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.



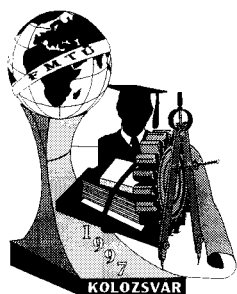
4.ábra Optimizált burkolócsigával elméletileg elérhető hordkép a bejáratás elején.

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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

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 vízhűtése,
- Az elektromos áramátfolyás helye, illetve az áramsűrűség eloszlása.
- Érintkezési ellenállás a különböző felületeken, mert ezeken Joule-hő fejlődik,
- Az áramerősség, a feszültség 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 sűrűsége,
C :	hőkapacitás,
T :	hőmérséklet (az ismeretlen),
x :	a helykoordináta,
β_i :	a hőáramlási sebesség i irányban,
k :	hővezetési tényező,
a :	abszorpció tényező,
f :	a deformáció során keletkező hőmennyiség.

További egyenletek:

(1) Konvektív hővezetés a környezetbe:

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

Ahol:

q_c :	hőáramsűrűség,
α_c :	felületi hőátadási tényező konvektív úton,
T_c :	külső 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 : expanziós 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

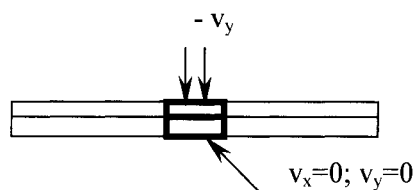
A lemez anyagaként alacsony karbon-tartalmú (max: 0,17 %) csillapított alapacélt választottam, melynek a modellezés szempontjából főbb tulajdonságait a 2. táblázat foglalja össze.

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

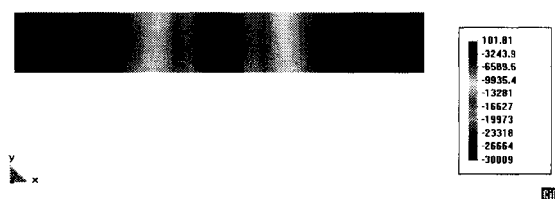
A mechanikai peremfeltételek:

- 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.

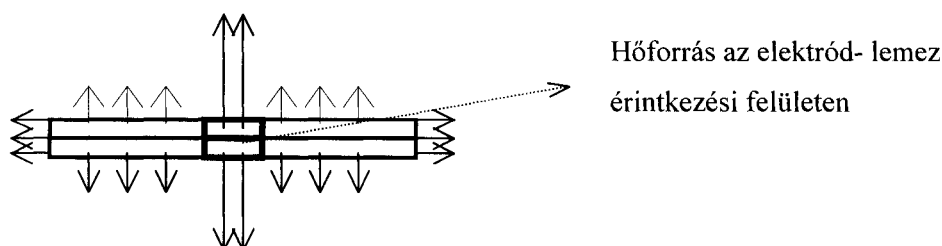
A felállított modell eredménye a következő lett (2. Ábra):



2. ábra

4.3.2. A hőtani modell

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



3. ábra

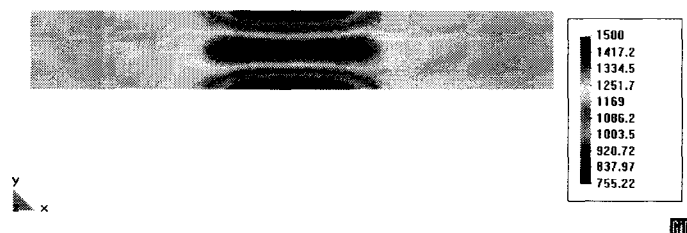
A hőtani peremfeltételek:

- 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: metszpa@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