

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

*FIATAL MŰSZAKIAK
TUDOMÁNYOS
ÜLÉSSZAKA*

IV.



Erdélyi Múzeum Egyesület kiadványa

Kolozsvár 1999

Tudományos Bizottság

Elnök:
Gyenge Csaba

Alpek Ferenc
Bíró Károly
Csibi Vencel
Danyi József
Dudás Illés
Hollanda Dénes
Jodál Endre
Kerekes László
Kodácsi János
Orbán Ferenc
Pálfalvi Attila
Roósz András
Tisza Miklós

ISBN – 973 – 98579 – 8 – 1

Felelős kiadó: Sipos Gábor
Szerkesztő: Bitay Enikő

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Jodál Endre</i> ELŐSZÓ	VII
1. <i>Dr. Réger Mihály</i> KRISTÁLYOSODÁSI FOLYAMATOK KÖZVETLEN MEGFIGYELÉSE	1
2. <i>Dr. Krállics György, Tatár Levente, Fekete Tamás</i> KÁROSODÁSMECHANIKA ALKALMAZÁSA SZÍVÓS TÖRÉSI PROBLÉMÁK MODELLEZÉSÉBEN	5
3. <i>Papp Ildikó, Babcsán Norbert, Kovács Árpád, Dr. Bárczy Pál</i> RÉGI KERÁMIAMÁZAK	9
4. <i>Telegdy Attila</i> IDEALIZÁLT E-OSZTÁLYÚ ERŐSÍTŐK HATÁSFOKÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA FESZÜLTSGUGRÁSOS BEÁLLÍTÁSSAL	13
5. <i>Dr. Kodácsy János Ph.D., Balogh Gábor, Lőr Ferenc</i> SÍKFELÜLETEK FELÜLETHENGERLÉSE MÁGNESES TÉRBEN	17
6. <i>Meiszterics Zoltán</i> KETTŐSIMPULZUS-TECHNIKA A FOGYÓELEKTRÓDÁS VÉDŐGÁZAS ÍVHEGESZTÉSEKNÉL	21
7. <i>Johanyák Zsolt Csaba</i> SZÍNELŐÁLLÍTÁS OPTIMALIZÁLÁSA KÍSÉRLETTERVEZÉS SEGÍTSÉGÉVEL	25
8. <i>Kádár Tamás</i> ZSÁKOLT ÁRUK PALETTÁZÁSÁT VÉGZŐ RENDSZER SZIMULÁCIÓS KAPACITÁSVIZSGÁLATA	29
9. <i>Polák Helga</i> SZÁRAZMEGMUNKÁLÁS A FORGÁCSOLÁSBAN	33
10. <i>Hegedűs Csaba</i> CAUI(COMPUTER AIDED ULTRASONIC INSPECTIONS) ALKALMAZÁSA VALÓS FÉMSZERKEZETEK MINŐSÍTÉSE	37

11. Prof.Dr.Cselényi József, Bányai Tamás MOBIL ROBOTOS PALETTÁZÓ ÉS OSZTÁLYOZÓ RENDSZER TERVEZÉSE HEURISZTIKUS-EVOLÚCIÓS OPTIMUMKERESŐ ALGORITMUSSEL	41
12. Prof.Dr.Cselényi József, Bányai Tamás MOBIL ROBOTOS PALETTÁZÓ ÉS OSZTÁLYOZÓ RENDSZER TERVEZÉSÉHEZ HASZNÁLT KÖLTSÉGFÜGGVÉNYEK ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATA	45
13. Prof. Dr. Dr.h.c. mult. Cselényi József, Bányainé Tóth Ágota „PERCRE KÉSZ” BESZÁLLÍTÁSI RENDSZER TERVEZÉSI KONCEPCIÓJA	49
14. Füzi János MÁGNESES HISZTERÉZISMODELLEK ÖRVÉNYÁRAMSZIMULÁCIÓBAN	53
15. Füzi János DINAMIKUS HISZTERÉZISMODELLEK ÁRAMKÖRSZÁMÍTÁSBAN	57
16. Csernáth Géza PIC MIKROVEZÉRLŐRE ALAPOZOTT METEOROLÓGIAI MÉRŐÁLLOMÁS	61
17. Szatmári Szabolcs PÁRHUZAMOS ROBOTOK IRÁNYÍTÁSA LABVIEW-BAN	65
18. Liszkai Tamás HOSSZBORDÁKKAL MEREVÍTETT KÖRHENGER HÉJSZERKEZETŰ SZALAGHIDAK SAJÁTFREKVENCIÁI	69
19. Szabó Zsolt, Iványi Amália A STONER-WOHLFARTH MODELL SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓJA	73
20. Szabó Zsolt, Iványi Amália, Füzi János, Székely Gyula TOROID ALAKÚ VASMAGOT TARTALMAZÓ TEKERCS MÁGNESES VESZTESÉGEI	77
21. Szabó Péter AZ ELLENÁLLÁSPONTHEGESZTÉS METALLOGRÁFIAI VIZSGÁLATOKRA ALAPOZOTT OPTIMALIZÁLÁSA	81
22. Dr. Szabó Ottó, Gurzó József ATOMSÍKOK ELCSÚSZÁSOKOR BEKÖVETKEZŐ HŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁS FELÜLETEN KÖZÉPPONTOS KRISZTÁLYRÁCS ESETÉN	85
23. Majoros Zoltán ALUMÍNIUM ÉS ÖTVÖZETEINEK FORRASZTÁSA KORROZÍV HATÁS NÉLKÜL	89

24. Patkó Marius	
AUTONÓM ROBOTKOCSIK PÁLYÁJÁNAK TERVEZÉSE	93
25. Mihálcz István, Ilie Zudor Angyalka, Baranyi Péter	
A MÉRETEK CSÖKKENTÉSÉNEK HATÁSA AZ ALAKEMLÉKEZŐ FÉM AKTUÁTOROKRA	97
26. Mihálcz István, Ilie Zudor Angyalka	
AZ ALAKEMLÉKEZŐ FÉMEK MODELLJEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA	101
27. Somlai Gábor	
TÚZFALTÍPUSOK ÉS ALKALMAZÁSAI AZ INTERNETEN	105
28. Prezensky István	
VASPOROKBÓL HENGERELT, FÉMHALÓVAL ERŐSÍTETT SZALAGOK FONTOSABB MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI	109
29. Prezensky István	
VASPOROKBÓL HENGERELT SZALAGOK FONTOSABB MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI	113
30. Klementis Otto, Gál Gaszton, Klementis Csilla	
KÉPLÉKENYALAKÍTÓ SZAKÉRTŐI RENDSZEREKBE IMPLEMENTÁLT SZÁMITÁSI ÖSSZEFÜGGÉSEK KIDOLGOZÁSA	117
31. Dr. Tóth László	
FELÜLETI AUSZTENIT NÖVEKEDÉS FOLYAMATÁNAK KISÉRLETI VIZSGÁLATA	121
32. Rutz Antal	
HALLGATÓI ADMINISZTRÁCIÓS RENDSZER MEGVALÓSÍTÁSA A MISKOLCI EGYETEM INFORMATIKAI INTÉZETÉBEN	125
33. Ilie Zudor Angyalka, Mihálcz István, Monostori László	
HOLONIKUS RENDSZEREK A GYÁRTÁSBAN	129
34. Fülep Dávid	
WINPAR PÁRHUZAMOS PROGRAMOZÁSI KÖRNYEZET ONLINE KÉZIKÖNYV ÉS OKTATÁSI ANYAG	133
35. Stefán Péter	
SZIMBOLIKUS ÉS SZUB-SZIMBOLIKUS MÓDSZEREK AZ ANALITIKAILAG KEZELHETŐ PROBLÉMÁK MEGOLDÁSÁBAN	137

36. Ilie Zudor Angyalka, Torkos Zoltán SZEMÉLYGÉPKOCSIK UTASTERÉNEK KÖRNYEZETHELYES TERVEZÉSE	141
37. Stankóczy Zoltán PÁRHUZAMOS KINEMATIKÁJÚ SZERSZÁMGÉPEK	145
38. Tóth Lajos ULTRAPRECÍZIÓS ORSÓFELFOGÓ SZERKESZTÉSE	149
39. Karolína JERGOVÁ, Jana MUDROŇOVÁ, Vladimír ZVIRINSKÝ A GYÁRTMÁNY KÖRNYEZETKÍMÉLŐ FOKÁNAK SZAKBÍRÁLATA	153
40. Kismihály János HIPOID KÚPFOGAZATOK GÖRBÜLETEINEK VIZSGÁLATA CAD RENDSZEREK SEGÍTSÉGÉVEL	157
41. Adorján Gábor, Dr. Kiss Antal AZ ÁRAMÁTADÓ ELEM ÉS A HEGESZTŐHUZAL KÖZT KIALAKULÓ ÉRINTKEZÉSI VISZONYOK ÁRAMHÁLÓZATOS MODELLEZÉSE	161
42. Hojtsy Sándor, Réti Tamás KRISTÁLYOSODÁSI FOLYAMATOK MODELLEZÉSE CELLA-AUTOMATA MÓDSZERREL	165
43. Bitay Enikő KERÁMIASZEMCSÉK DISZPERGÁLÁSA LÉZERES FELÜLETÖTVÖZÉSÉNél	169
44. Bitay Enikő KARBIDPOROK DISZPERGÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA ACÉLBAN CO ₂ -OS LÉZER FELÜLETÖTVÖZÉSÉNél	173
45. Mosoni Tibor ANALITIKUS MODSZER A HATÁRKÖSZÖRÜLT CSIGAMAROK PONTOSSÁGÁNAK NÖVELESÉRE	177
46. Mezei Sándor, Mikó Balázs, ifj. Mezei Sándor CSOPORTTECHNOLÓGIA TERVEZÉSÉNEK SZÁMITÓGÉPES TÁMOGATÁSA	181
SZERZŐK JEGYZÉKE	185

ELŐSZÓ

Három évvel ezelőtt, 1996 márciusában indult útjára az Erdélyi Múzeum Egyesület legfiatalabb szakosztályának, a Műszaki Tudományok Szakosztályának tudományos fóruma, a Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka. Talán nem is véletlenül éppen március havában, az örökös megújulás, a lankadatlan újrakezdés, a mindig új reményekkel kecsegtető tavasz első havában.

Az első három kiadás tanulságainak ismeretében talán nem korai elemezni: mi az amit elértünk, mivel büszkélkedhetünk, ugyanakkor mit kéne még javítani ahhoz, hogy eredeti célkitűzéseinket megvalósíthassuk.

Az első kiadás előszavában írtuk, hogy az anyanyelvű műszaki oktatás még csak reményeinkben létezik. Hát sajnos még ma is csak ott. Lehet a többség nyelvén, lehet angolul, németül vagy franciául műszaki ismereteket szerezni, magyarul még mindig nem. Legalábbis itthon nem. Lehet viszont az anyaországban, s legalább ez biztató abban a törekvésünkben, hogy a műszaki anyanyelv ne vesszen ki teljesen hazai tájainkról sem. Örvendetes, hogy évről évre egyre több ösztöndíjasunk tanulhat magyarországi egyetemeken, folytathat kutatói tevékenységet hosszabb-rövidebb periódusok alatt, s évente új és új kis csapat indul útra, hogy legmagasabb szinten folytassa tanulmányait a nappali doktorképzés keretében. Az alkotó tudományos munka tehát nem vesztette el teljesen vonzását még a pillanatnyi mostoha körülmények hatására sem.

Ülésszakunk sikerének, s egyben elismerésének tekintjük, hogy az érdeklődő résztvevők száma egyre nő, s az idén talán tényleg kiterjed a szélesebb magyarlakta területekre is. Csak elismeréssel szólhatunk a beérkezett dolgozatok szakmai színvonaláról is, a tudományos bizottságnak az idén már nem kellett elutasítania egyetlen munkát sem.

Nem sikerült még elérni viszont azt, hogy minden műszaki szakágazat képviseltesse magát. Sajnálatos módon hiányoznak például az építészek, műépítészek, kevesen vannak az elektrotechnika, az ipari kémia és más területek képviselői. A közeljövő egyik fontos feladata ezek bevonása is, hogy ülésszakunk teljes és valós képet adjon a felsőfokú műszaki képzés tényleges helyzetéről.

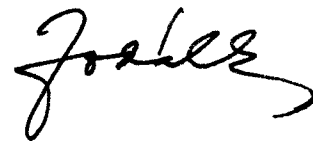
Örömmel vesszük tudomásul, hogy kezdeményezésünk fontosságát egyre többen elismerik, s nő támogatóink száma és hozzájárulása. Köszönettel adózunk az Illyés Közalapítványnak, a székelyudvarhelyi MATPLAST RT vállalatnak, s nem utolsó sorban dr.Bárody Imre úrnak Angliából személyesen, akinek önzetlen segítsége folytán a hazai résztvevők költségcsökkentést pályázhattak meg.

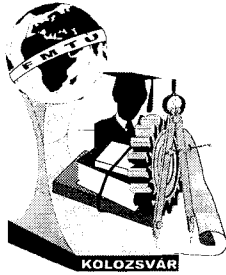
Az eddigi három kiadás során kikristályosodott az ülészak hármas szerkezeti tagozódása is: a bevezető plenáris ülést követik a párhuzamos szekciók keretében bemutatott dolgozatok, majd a második napon az Erdélyi Barangolások keretében zajló kirándulás.

Meggyőződésünk, hogy tudományos fórumunk sikerrel vette a kezdet nehézségeit, lassan hagyományt teremt, s a Műszaki Tudományok Szakosztálya életének továbbra is elmaradhatatlan eseménye marad az elkövetkező években is. Ezekkel a gondolatokkal indítjuk újtjára a negyedik kiadást, tapasztalatokban és eredményekben gazdag munkát kívánunk minden résztvevőnek, s találkozunk jövőre még többen, ugyanitt.

Kolozsvár, 1999 márciusa.

Jodál Endre





FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Kristályosodási folyamatok közvetlen megfigyelése

dr. Réger Mihály

Abstract: The paper summarises some selected results of an extended research work in the field of so called transient solidification. The transient phenomenon represents a special case of non-steady state solidification, i.e. solidification process between two different steady states. The structural changes of the solidified structure have been video recorded and investigated (primary spacing, dendritic tip radius) during and after the transient effect. The increasing pulling (solidification) rate results an incubation period before the beginning of the structural change. In the case of decreasing rate incubation effect has not been found.

Bevezetés

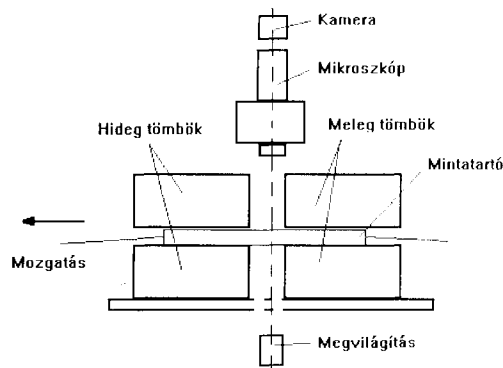
A kristályosodás során kialakuló primer szerkezet sajátosságai, szerkezeti jellemzői az összetételen kívül döntő mértékben függenek azokról a dermedési körülményektől, amelyek hatására a szilárd fázis létrejön. A legfontosabb, számszerűsíthető tényezők a hőmérséklet, valamint annak idő (hűlési sebesség) és hely (hőmérsékleti gradiens) szerinti deriváltjai.

A nem állandósult állapotú, irányított kristályosítással kapcsolatos kutatások első eredményeiről korábban már beszámoltunk [1,2], ahol bemutattuk az állandósult állapotú kristályosodási kísérletekhez elterjedten használt átlátszó mintaanyag, a borostyánkősav-dinitril (succinonitril) - acetone rendszer sajátosságait, valamint a kérdéskör vizsgálatához (állandósult és nem állandósult állapotú kristályosodás) szükséges berendezést, a kísérleti kristályosító felépítését. E berendezés és a kísérleti elrendezés jellegzetességei az 1. ábrán tanulmányozhatók. Az átlátszó mintaanyagot vékony rétegben tartalmazó mintatartót (kapszulát) a meleg (likvidusz fölötti hőmérsékletű, kb. 90 °C-os) oldalról folyamatosan áthúzzuk a hideg (szolidusz alatti hőmérsékletű, kb. 18 °C-os) oldalra, s eközben a modellanyag megdermed (mintegy 52 °C-on). Jól megválasztott kísérleti feltételek között a kristályosodás a két oldal közötti résben történik, ez a zóna kívülről, megfelelő optikával, megfigyelhető, így a kristályosodó szilárd fázis közvetlenül tanulmányozható. Állandósult állapot eléréséhez a mintatartó konstans, nem állandósult állapot kiváltásához pedig időben változó sebességgel mozgatható. Mindkét esetben igen lényeges a kialakult hőmérsékleti mező ismerete, melynek megállapítására speciális, a mintatartót helyettesítő hőmérsékletmérő panel épült. A hivatkozott publikációk részletesen tárgyalják a nem állandósult állapotú folyamatban a hőmérsékletmező elemeinek (hőmérséklet, hűlési sebesség, hőmérsékleti gradiens) meghatározási módszerét a dermedési frontra nézve. Az előadásban az átlátszó modellanyaggal végzett kísérleti munka főbb lépéseit és eredményeit tekintjük át röviden.

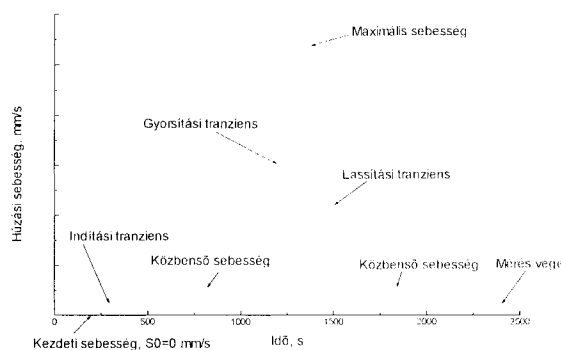
Kísérleti munka

A nem állandósult állapotú kristályosodási folyamatok megismerésére irányuló kísérleti munkában olyan szisztematikus kísérletsorozatot terveztünk, mely a bevezetésben említett kérdéskör lehetőség szerinti átfogó vizsgálatát teszi lehetővé. A mintatartó kapszulával és a hőmérsékletmérő panellal végzett próbamérések tapasztalatai alapján elhatároztuk, hogy - első lépésként - un. tranziens (két állandósult állapot közötti átmenetként értelmezhető) kristályosodási folyamatokat valósítunk meg konstans hőmérsékleti gradiens mellett. A panel mozgatási sebességének ugrásszerű módosításával, illetve az ebből adódó hűlési sebesség változással ezek a tranziens folyamatok jól reprodukálható módon megvalósíthatók.

A tranziens jelenséget előidéző, - a mintatartó panelre vonatkozó - húzási sebesség - idő program elvi ábráját az 2. ábra mutatja. A függvény alapján három, hirtelen változást (tranzienst) jelentő szakasz különíthető el, melyek közül az első kettő növekvő (indítás és gyorsítás), a harmadik pedig csökkenő (lassítás) húzási sebességgel jellemezhető. A mintatartó kapszulával végzett mérések közben a dermedési folyamatot teljes terjedelmében videoszalagra rögzítettük olyan nagyításokban, hogy a primer távolság statisztikus sokaságként értékelhető, illetve a dendrit csúcs sugár mérhető legyen. A hőmérsékleti mező, valamint a primer szerkezet jellemzőinek (primer távolság, dendritcsúcs sugár) meghatározására kidolgozott eljárások ismertetésére most nem térünk ki, ezek korábbi publikációkban megtalálhatók [1-5].



1. ábra A modellanyag kristályosítására szolgáló berendezés vázlata



2. ábra A tranziens mérések jellegzetes mozgási sebesség - idő diagramja

Eredmények

A primer távolság változása a nem állandósult állapotú folyamatokban

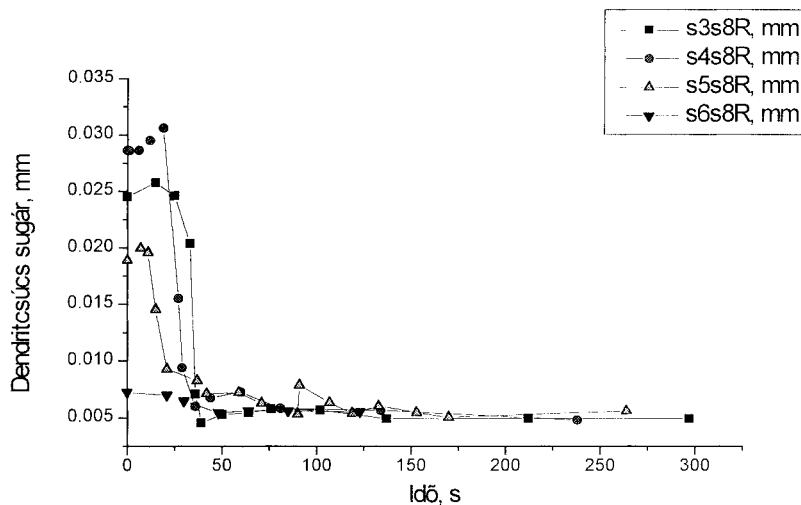
A primer távolság változására jellemző, hogy az "indítási" szakasz elején nem történik változás, a sík front látszólag "nem veszi észre" a hűlési sebességben bekövetkezett növekedést. Hogy mennyi ideig "nem veszi észre" a sík front ezt a változást, az a mérések szerint a sebességváltozás nagyságának függvénye, mégpedig fordított arányban, minél nagyobb a húzási, illetve hűlési sebesség ugrás, annál kisebb a várakozási idő. Ez a várakozási idő - legalábbis formailag - kapcsolatba hozható az átalakulási folyamatokból ismert inkubációs idő fogalmával.

A tranziens folyamatsor második, "gyorsítási" szakasza lényegesen nagyobb sebességekkel jellemezhető. Szinte azonnal, a nagyobb húzási sebességre, illetve nagyobb hűlési sebességre kapcsolás pillanatában, néhány száz s-os inkubációs idő után elkezdődik a változás, a primer távolság csökkenése. Mindegyik folyamat ugyanabban az irányban halad: közelít a maximális sebességhez tartozó állandósult állapotú primer távolsági érték felé.

Az utolsó, harmadik, "lassítási" szakaszban a fenti folyamatok ellenkezője történik. Az összes minta a húzási sebesség (hűlési sebesség) átkapcsolás után kb. 200 s-on keresztül azonos módon viselkedik, majd ezt követően szétválnak a primer távolság fejlődésének irányai. A folyamatok nagyon lassúak, a rendelkezésre álló 1000 s egyik tranziens folyamat esetén sem elegendő a végső, azaz az állandósult állapot kialakulására.

A dendritesúcs sugár változása a nem állandósult állapotú folyamatok során

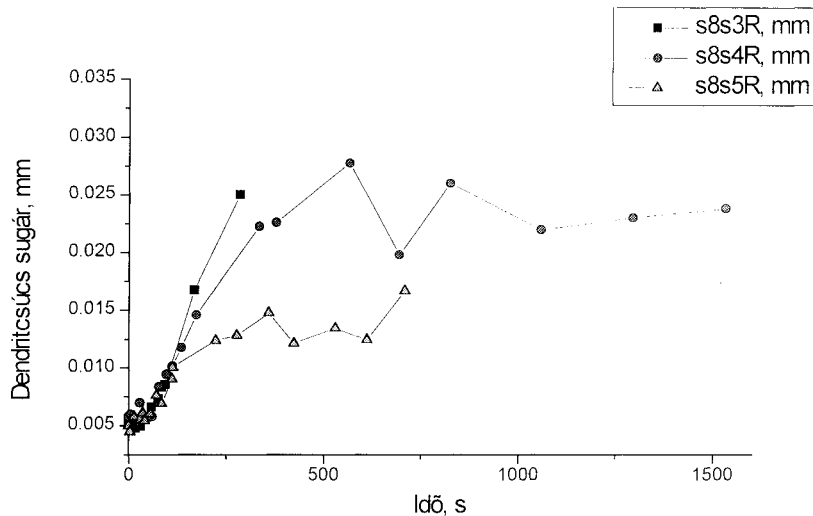
A közbelső húzási sebességét ugrásszerűen a maximális értékre változtatva tranziens folyamat kezdődik, melyben a dendritesúcs sugár bizonyos ideig nem reagál a megváltozott viszonyokra (megváltozott hűlési sebességre), vagyis ez esetben is inkubációs idő adódik (3.a ábra, az ábrán az s3s8-s6s8 jelölések húzási sebességet jelölnek emelkedő sorrendben, az s3s8-s6s8 jelzés pedig a tranziens folyamatbn bekövetkező sebességváltozásra utal).



3.a ábra A dendritesúcs sugár változása a "gyorsítási" tranziens folyamatok során

Az inkubációs idő függvénye a sebességkülönbségnek, minél nagyobb a sebességlépcső nagysága, annál hosszabb az inkubációs idő.

A lassítási tranzienst folyamat kimutatható inkubációs idő nélkül kezdődik el (3.b ábra). Megállapítható, hogy a közbenső sebességre való visszakapcsolás után kb. a 120-ik s-ig minden esetben azonos úton halad a csúcs sugár növekedése. Minél nagyobb a húzási sebesség, illetve a hűlési sebesség változása a tranzienst folyamatban, annál nagyobb sebességgel történik a csúcs sugarának változása.



3.b ábra A dendritcsúcs sugár változása a "lassítási" tranzienst folyamatok során

Az átlátszó modellanyag alkalmazásával a kristályosodási folyamatok közvetlen megfigyelésére, a kialakult szerkezet geometriai jellemzőinek közvetlen mérésére nyílik lehetőség. Az előadás során videofelvételen az állandósult állapotok közötti tranzienst folyamatok jellegzetes kristályosodási mechanizmusaiából is bemutatunk részleteket.

Irodalom

- [1] Réger M.: Kristályosodási tranzienst folyamatok vizsgálata, Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, Vol. 128, 1995, 5
- [2] Réger, M.: Temperature distribution of transient crystallizer, *Mat. Sci. Forum*, Vols. 215-216, Trans. Tec. Publications, pp.511-516, 1996
- [3] Réger, M., Gács, Z., Csepei, Zs.: Method for Quick Measuring of Dendrite Tip Using Image Analyser, Proc. of Int. Conf. on the Quantitative Description of Materials Microstructure, Warsaw, 16-19 April. 1997, pp. 445-450
- [4] Réger, M., Gács, Z., Csepei, Zs.: Determination of Dendrite Tip Shape Using Image Analyser, Second International Congress in Materials Science and Engineering, Jassy, Romania, 25-28 May 1997 pp. 567-573
- [5] Réger, M.: Determination of the Time Dependent Dendrite Tip Radius Using Image Analyser, Proc. of KEPAF Conference on Image Analysis and Pattern Recognition, Keszthely, 1977, pp. 194-199

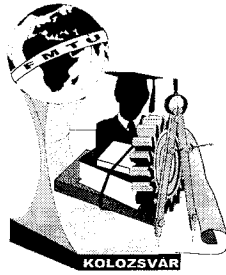
dr. Réger Mihály, PhD

Bánki Donát Műszaki Főiskola, Anyag- és Alakítástechnológiai Tanszék

H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Tel.: 36-1-3134-094, Fax: 36-1-3336-761

E-mail: reger@zeus.banki.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Károsodásmechanika alkalmazása szívós törési problémák modellezésében

Dr. Králics György

Tatár Levente

Fekete Tamás

Abstract: The importance of the ductile fracture phenomena and its major role in nuclear technology are briefly outlined. Gurson damage model is used for modelling the ductile fracture of smooth bar specimens. Future trends and actual problems in the damage mechanics field are presented.

Bevezetés

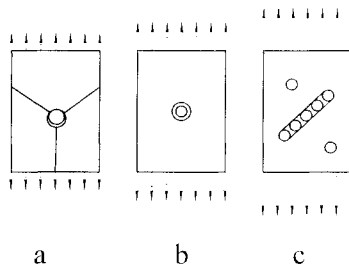
Energetikai létesítmények (konvencionális és atomerőművek) biztonságának, "élettartam-tartalékának" megítélése a létesítmény üzemeltethetősége szempontjából alapvető kérdés, melynek komoly ökológiai és gazdasági következményei vannak. Az élettartam és a kockázatok becslésére szolgáló biztonsági számításokban nagy a bizonytalanság, mely nem kis részben a szerkezeti anyagokra vonatkozó tudásunk hiányos voltából következik.

A dolgozatban röviden bemutatjuk az úgynevezett Gurson modellt; amely az eddigi kutatások szerint a szívós anyagok viselkedését az anyag tönkremenetelig nagy pontossággal írja le, ezáltal lehetővé téve a bizonytalanság csökkentését.

Mikroüreg fejlődésen alapuló meso-damage elmélet

Szerkezetek terhelésekor nagyon gyakran fellép a maradó alakváltozás. Ezen jelenség leírására alapvetően két módszer terjedt el. Az egyik esetben, amely alapvetően fenomenológikus, a klasszikus kontinuum-mechanikát alkalmazzuk. A másik esetben a képlékeny alakváltozás vizsgálatába bevonjuk az adott anyagban végbemenő fizikai folyamatok elemzését, az anyagszerkezet hatását is. A fent említett két terület összekapcsolásával egy új határterületi tudományág a *continuum damage mechanics* (a károsodások kontinuum - mechanikája) alakult ki, összekapcsolva az anyagtudomány és a szilárd testek mechanikája eredményeit.

A fémes anyagok szívós törési jelenségeinek megértésében fontos szerepet játszanak a mikroüregek keletkezésével, növekedésével és összenövésével kapcsolatos folyamatok.(1.ábra) Az üregek keletkezése elsősorban az anyagban lévő második fázisú kiválásokkal függ össze, amikor is az alakváltozás során az alapfém mátrix és a második fázis kohéziós kapcsolata megszűnik (1.a.ábra). Az alakváltozás folyamán a mikroüregek növekednek (1.b.ábra), majd a terhelés egy kritikus állapotában a mikroüregek összenőnek (1.c.ábra) és egy makroszkopikus repedést alkotnak, amely megjelenése a szerkezet terhelhetőségének drasztikus csökkenését eredményezi.



1. ábra Mikroüregek keletkezése (a), növekedése (b) és összenövése (c)

McClintok[1], Rice és Tracey[2] munkájára alapozva Gurson[3] dolgozott ki egy komplett elméletet porózus anyagok alakváltozására és törésére. Gurson szerint a gömb alakú mikroüregeket tartalmazó testben a σ_{ij} makroszkopikus feszültségek az alábbi folyási feltételt elégítik ki:

$$\phi = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_M^2} + 2f \cosh\left(\frac{\sigma_{kk}}{2\sigma_M}\right) - 1 - f^2 = 0 \quad (1)$$

ahol σ_M -a hibátlan mátrix anyag egyenértékű feszültsége, σ_c -a makroszkopikus egyenértékű feszültség σ_{kk} -a makroszkopikus feszültségtenzor első skalár invariánsa, f - a mikroüregek térfogati hányada.

Az üregfejlődés fizikai folyamata két részből áll..

$$\dot{f} = \dot{f}_{nu} + \dot{f}_{gr} \quad (2)$$

A fenti egyenlet első tagja az üregképződés, a második tagja az üregnövekedés sebességét határozza meg. Gurson eredeti elmélete nem foglalkozott a mikroüregek összenövésének problémájával, ami a szívós törés folyamatának egyik fontos eleme. Tvergaard és Needleman [4] ezért úgy változtatta meg a Gurson féle elméletet, hogy az előbb említett jelenséget is beépítették egyenleteikbe. Ebben az esetben a folyási feltétel az alábbiak szerint alakul:

$$\phi = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_M^2} + 2f^* \cosh\left(\frac{\sigma_{kk}}{2\sigma_M}\right) - 1 - (q_1 f^*)^2 = 0 \quad (3)$$

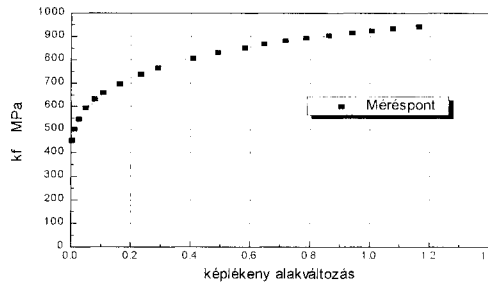
ahol a q_1 paraméter értéke Tvergaard szerint .5, az f^* károsodási paraméter a következő:

$$\begin{aligned}
 f^* &= f && \text{ha} && f \leq f_c \\
 f^* &= f_c + \frac{f_u^* - f_c}{f_F - f_c} (f - f_c) && \text{ha} && f > f_c
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

f_c azt a kritikus térfogati hányadot jelöli amelynél a mikroüregek összenövése megkezdődik, f_F - mikroüreg térfogati hányad a törésnél, f_u^* - a károsodási paraméter a törésnél $f_u^* = 1/q_1$, ekkor a mátrix teherviselő képessége kimerül.

Alkalmazások

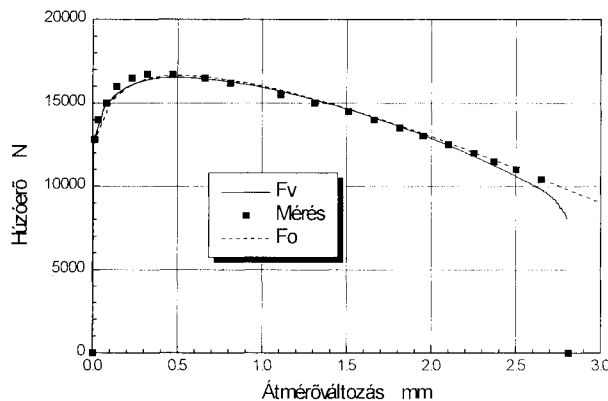
Jelen munkánkban bemutatjuk saját számításunk eredményeit.[5] amikor is a módosított Gurson-féle elméletet alkalmaztuk sima hengeres szakító próbatest alakváltozási és törési folyamatainak elemzésére. A mátrix anyag keményedési görbáját a (2 ábra) mutatja.



2. ábra 22NiMoCr37 jelű anyag alakítási szilárdság görbéje

A mikroüregek hatását kifejező modellen kívül a számításokat a hagyományos (mikroüreg nélküli) mechanikai modellel is elvégeztük. A szakítás számítógépes modellezésére a MARC végeleemes rendszert használtuk.

A számítási és a mérési eredmények összevetésére a húzóerő változásnak a próbatest legkisebb átmérőjének függvényében felvett diagramját használtuk (3 ábra)



3. ábra A mért és számított húzóerő (F_0 -károsodás nélküli eset, F_v -károsodásos eset) és a szakítópróbatesszt átmérőváltozásának kapcsolata

A mérési és számítási eredmények nagyon jó egyezést adtak, ugyanakkor a klasszikus mechanika alapján létrehozott modell nem volt képes a szakítási folyamat végét követni.

A módosított Gurson féle modellel a repedés keletkezés és terjedés folyamata is követhetővé vált, aminek a hatása a szakítási diagram menetének erőteljes megváltozásával van kapcsolatban (diagram vége).

Problémák, megoldandó feladatok

A Gurson-féle modellel izotrop károsodási jelenség vizsgálatát lehet elvégezni. egy skalár változó, a mikroüreg térfogati hányad f segítségével. Elképzelhető olyan eset amikor a károsodási folyamat irányfüggő, a kezdeti gömb alakú mikroüreg eltorzul, ekkor az f paraméter helyett egy vektoriális mennyiséget lehet alkalmazni.

A szakirodalomban található publikációk nagy része ezeket a paramétereket valamely előző publikációból ismertnek tételezi fel és módszeres paraméter meghatározásra gyakorlatilag alig található példa. Az sem eléggé ismert, hogy a termomechanikai paraméterek (a hőmérséklet, az alakváltozási sebesség és a feszültségállapot) miképp befolyásolják a mikromechanikai paramétereket.

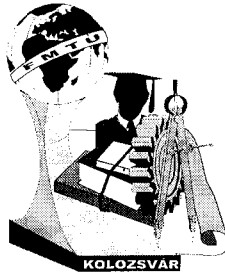
Irodalom

- [1] McClintock, F.A., A Criterion for Ductile Fracture by the Growth of Holes. Journal of Applied Mechanics, Vol.35,1968, pp. 363-371.
- [2] Rice, J.R. and Tracey, D.M., On the Ductile Enlargement of Voids in Triaxial Stress Fields. Journal of Mechanics and Physics of Solids, Vol.17, 1969, pp. 201-217.
- [3] Gurson, A.L., Continuum Theory of Ductile Rupture by Void Nucleation and Growth: Part I- Yield Criteria and Flow Rules for Porous Ductile Media. Journal of Engineering Materials and Technology. Vol.99, 1977, pp. 2-15.
- [4] Tvergaard, V. and Needleman, A., Analysis of the Cup-cone Fracture in Round Tensile Bar. Acta Metallurgica. Vol.32, 1984, pp.157-169.
- [5] Krállics, Gy., Tatár, L., Fekete T., Szívós törési problémák károsodásmechanikai megközelítése. 6. Törmech szeminárium, Miskolc, 1997. okt. 8.

Dr. Krállics György
docens
Budapesti Műszaki Egyetem
Mechanikai Technológia és
Anyagszerkezet-tani tanszék
Budapest, Bertalan L. u. 7.
e-mail: krallics@eik.bme.hu

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, 1999. március 19-20.

Régi kerámiamázak

Papp Ildikó-Babcsán Norbert-Kovács Árpád-DR. Bárczy Pál

Abstract: Different type of Hungarian old ceramic glaze was examined from the 15-16th century, with special interest of the concentration and the structure of the ceramic glazes. The pottery was considered as a substrate material. It was aimed to find connection between some hundred years old and the modern ceramic glaze considering the manufacturing process. The old ceramics glaze had two function. The first was to improve the properties of the basic ceramics like water resistance and cleanability. The second was the aesthetic which is usually dominant. This work is searching for answer of the following questions:

What is the physical basis of the aesthetic?

What was the raw material of the glaze?

How did the potter reach the required effects in the ancient time?

What is the connection between the composition and the crack network structure of the glaze?

Kora újkori kerámiamázak

A régi korok fazekasai újra és újra üzennek: egy-egy edényformával, díszítménnyel vagy fogással évezredek távolából szólnak hozzánk-csak rajtunk áll, hogy meg akarjuk-e érteni üzenetüket [1]. A kerámiatermékek mázazásával már i.e. 3500 óta foglalkozik az emberiség. A régi mázak vizsgálata régészeti jelentőséggel bír. A kerámiával kapcsolatos kutatásokat nem annyira a művészeti lehetőségek, mint inkább a gyakorlati szempontok vezérlik. A kutatás a késztermékből kiindulva próbálja felderíteni a különféle tulajdonságokat befolyásoló belső szerkezet, továbbá a felhasznált anyagok és azok elkészítésének módszereit. Az összetétel a szín és a szerkezet vizsgálata alapján megpróbálunk választ adni arra, milyen technológiai fejlődést mutatnak a régi mázak, illetve összehasonlítjuk a különböző lelőhelyeken talált máztípusokat. A máz nem más, mint a már kiégetett, zsengeált agyag-vagy porcelántárgy felületére felvitt, újabb égetés után végleges állagúvá, szétterülő, kemény, üvegszerű réteg, amely a cserép vízáteresztő képességét hivatott csökkenteni, vagy a pórusokat teljesen eltölni. A fazekasok által használt hagyományos mázak az ólommal, amelyeket ma egyre inkább felváltanak a mázak ólommentes változatai. Az agyag edények az Árpád kortól

kezdve korongolással készültek. A fazekas termékek anyaga a XIV. században már gondosan előkészített, jól iszapolt, a színük kezdetben fekete és szürke volt, Később fokozatosan világosodott vöröses, majd pedig sárgásfehér. Az ólommáz-vagy más néven lágyított máz- a késő középkorban a XV. és XVI. században jelenik meg eleinte zöld, sárga majd sárgásbarna színben. A Hermann Ottó Múzeum Muhi középkori mezőváros régészeti feltárásának mázas leleteit a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetben vizsgáltuk.

Általunk alkalmazott vizsgálati módszerek

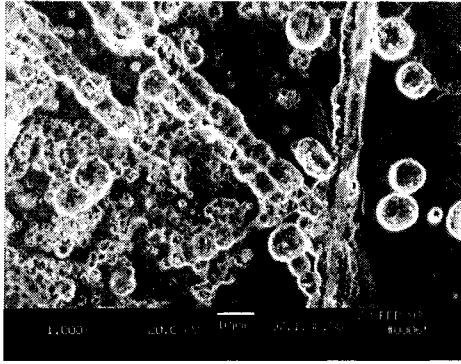
A scanning elektronmikroszkóp és mikroszondás elemzés a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetében lévő AMRAY 1830 I scanning elektronmikroszkóppal és a mikroszkópra telepített PV9800 EDAX rendszerrel történt.

A mikroszondás elemzések eredményeit a 1. táblázat mutatja. Az elemzésen az összetételnek csak azon elemeit tüntettük fel, amelyeket az rendszer érzékelni tudott. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a zöld színű kerámiamázak mind vas és rézoxid tartalmúak, míg a barna kerámiamázak csak vasat tartalmaznak. Ez teljesen azonos a mai kerámiák gyártástechnológiájában használt színezési eljárással, ugyanis a zöld színt elsősorban réz-oxid hozzáadásával érik el. A nagy mennyiségben minden mintában jelenlévő ólom-oxid a kerámiamáz lágyítására szolgált.

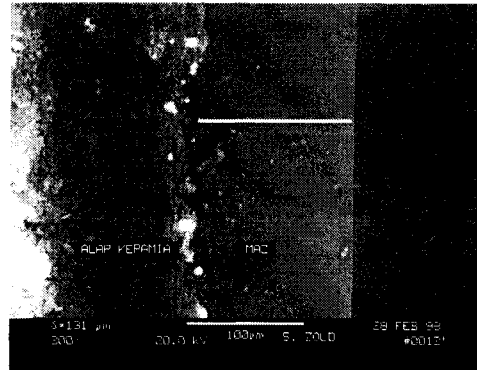
1. táblázat. A vizsgált minták összetétele

Leltári szám	Szín	Kémiai összetétel, T%						
		Al	Si	Pb	K	Ca	Fe	Cu
97.1.17.20.	világoszöld	8,06	20,31	67,94	1,15	1,16	1,59	1,8
97.1.38.58.	palackzöld	6,24	19,73	63,59	0,82	3,88	2,14	3,6
97.1.103.13.	méregzöld	5,91	15,53	69,21	0,86	1,27	3,47	3,25
97.1.99.39.	barna	5,25	18,85	71,39	0,72	0,52	3,27	-
97.1.18.67.2.	sötétbarna	3,5	15,33	75,31	0,84	0,79	4,23	-

Az 1. ábrán látható a máz felületén kialakult kráterek, melyek a magas hőmérsékletű égetés során keletkezett felhabosodás (buborék-képződés) eredményei. Ezt igazolja az is, hogy ennél a mintánál a legalacsonyabb az ólomoxid tartalom.



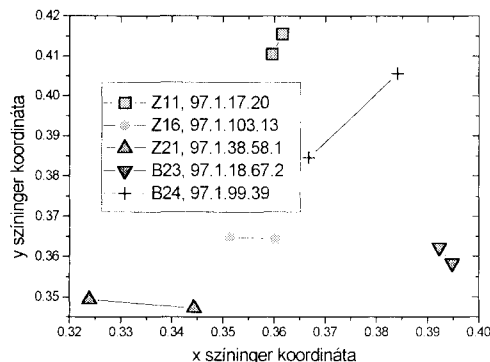
1. ábra. SEM felvétel a 97.1.38.58 mintáról,
N1000x.



2. ábra. EMS felvételek a 97.1.103.13 mintákról,
N 300x

A 2. ábra a 97.1.103.13. számú minta felületén lévő máz keresztmetszetét mutatja, a felvételeken a máz vastagsága egyenletes - egy helyen megmérve 131 μm -es - és jól tapad az alapkerámiához. Ez annak lehet az eredménye, hogy a máz készítéséhez optimális viszkozitású nyersmázát használtak, illetve az égetési hőmérséklet se nem túl magas, se nem túl alacsony. Ha összehasonlítjuk az összetételét a többi mázéval, akkor jól megfigyelhető, hogy ez utóbbinál majdnem minden alkotóelemből közepes mennyiség található. Ha figyelembe vesszük a mai kerámiamázak gyártástechnológiáját és összehasonlítjuk az itt kapott eredményekkel, akkor megállapíthatjuk, hogy az elmúlt korok máz készítményeinek technológiája nem sokban tért el. Különbségek a technika fejlődésének köszönhetően inkább a jobban szabályozott gyártásban fedezhetők fel, mint sem alapösszetételben és égetési hőmérsékletben.

A színelemzést a Borsod Chem Rt-nél az ElrephoMat DFC 5 színmérő berendezéssel végeztük. Csillogás nélkül, F 40-es szűrővel, D65 10°12üzemmódban. A mintadarabok színei a, -a, +a, +b ténnyedben foglalnak helyet, ezen belül is a barna és a zöld tartományban. A vizsgált mintadarabokon jól megfigyelhető az egy mintán belüli színeltérés, ami feltehetően a mázazási technika fejletlensége miatt következett be, mivel a felületre egyenetlenül vitték fel a mázát (3. ábra).



3. ábra A muhi mázak színeinek elhelyezkedése színínger diagramon

Az eredmények értékelése

A dolgozatban használt vizsgálati módszerek csak kis szegmensei a modern anyagtudomány vizsgálati technikáinak, amely segítségével a régészet számára is hasznos információk nyerhetők. Más hasonló modern vizsgálatok más és más tulajdonságait tárhatják fel a kerámiamázaknak, amelyek segítségével még messzemenőbb következtetéseket lehet levonni. A modern anyagtudomány vizsgálótechnikáinak integrált alkalmazása a régmúlt egyes kevésbé feltárt kérdéseire is rávilágíthat.

A régi kerámiamázak alapanyagai a vizsgálati eredmények alapján a következők:

Alapanyagok: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO .

Folyósítószeres: MgO , K_2O , PbO , Na_2O .

Színezők: Cl , CuO , MnO , FeO .

A mázkövek felfedezése után jelentős technológiai előrelépés az ólomházak kifejlesztése volt. Az ólomházak egy új típusú, ólomtartalmú mázkból készítették. Az ólomházak a legváltozatosabb színekben állíthatók elő, s mert a törésmutatójuk nagy, ragyogó felületet adnak. A színek és a háttér közötti ellentét fokozására a sárgásbarna cserepet először fehér kvarc réteggel vonták be. A máz alá szánt festékeket nagy gonddal készítették. Az egyes frittek törésmutatója a fedőháznál is nagyobb volt, ennek eredményeként erős, telített színárnyalatok jöttek létre. A telített színárnyalatok jól megfigyelhetők a Muhi leleteken. Eredményeink alapján a kerámiamázak színezésére vas illetve réz-oxidot használtak, amit a mai kerámiagyártásban is használnak. Megállapítható még, hogy a Muhi lelet régi kerámiamázaiban nagy mennyiségű ólom-oxid található, ez annak a következménye, hogy az akkori kemencékben nem tudtak magas hőmérsékletet elérni, így szükség volt a házak lágyítására ami olvadási hőmérséklet csökkenést eredményez. A színelemzés során megállapíthatjuk, hogy a XV. század végén készült kerámia házak színe a sárga zöld és barna színek határán helyezkedik el

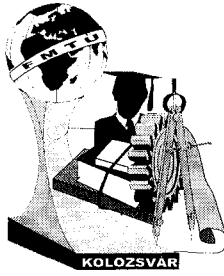
Irodalom

[1] Csupor István- Csuporné Angyal Zsuzsa-Fazekaskönyv-Planétás Kiadó-Budapest-1998 5.o

Papp Ildikó / V. éves egyetemi hallgató

Miskolci Egyetem / 3515 Miskolc-Egyetemváros Nemfémek Anyagok Tanszéke

Telefon: 06-46-565-111/15-16 / Fax:06-46-565-111, E-mail:qkopappi@gold.uni



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Idealizált e-osztályú erősítők hatásfokának optimalizálása feszültségugrásos beállítással

Telegdy Attila

Abstract: Continuous voltage waveform (for the topology with shunt capacitance) is a necessary condition for lossless operation of the Class-E amplifier. Previous papers extend the continuous waveform requirement for the lossy (finite transition period) case too and consider that this is a condition for optimum operation. This paper shows that the discontinuous voltage waveform can improve the efficiency of the amplifier. At moderate voltage jump the turn-on loss produced by discharging the parasitic shunt capacitance is regained at turn-off because the voltage discontinuity decreases the current jump at turn-off. Up to the optimum limit of the voltage jump, overall switching loss improvement can be observed. A new efficiency formula is given for the idealized amplifier and the optimum voltage jump is calculated. Computer simulation (using PSPICE) has confirmed that continuous voltage waveform is not optimal from the efficiency point of view and the optimum tuning is with a discontinuous voltage waveform.

Bevezetés

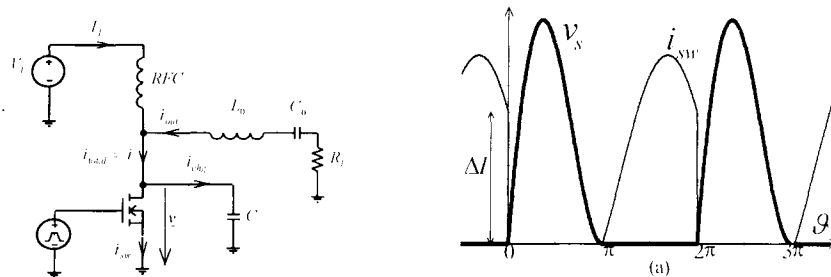
Bár a kapcsolóüzemű erősítők elvi hatásfoka 100%, a nagyfrekvencián működő erősítők esetén a veszteség komoly problémát jelent. A kapcsolóként használt aktív eszköz minden egyes bekapcsoláskor kisüti a saját kapascai között jelentkező nem kívánt kapacitást. A benne tárolt energia a kapcsolót melegíti és elvész. Az E-osztályú erősítő ezt a problémát úgy oldja meg, hogy megfelelő behangolás esetén a kapcsolót beágyazó külső hálózat nulla feszültséget kényszerít a tranzisztorra a bekapcsolás pillanatában és így a nemkívánt tárolt energia -amely a bekapcsolási veszteséget okozza- eltűnik¹ [1], [2]. Az E-osztályú erősítővel foglalkozó irodalom részletesen tárgyalja az erősítő beállításának, hatásfokának [5], optimális működésének kérdéseit és a szakadásmentes jelalakok elvi feltételét [3], [4]. E publikációk központi gondolata a nulla feszültségű bekapcsolás - mint az ideálist megközelítő -jó hatásfokú- működés feltétele. A következőkben bemutatott vizsgálatok kimutatták, hogy a ideális (lassú) kapcsolók alkalmazása esetén a nulla feszültségű bekapcsolás (ZVS-zero voltage switching) nem eredményezi a maximális hatásfokú működést. Kismértékű negatív feszültségugrás a bekapcsoláskor -amely az erősítő megfelelő hangolásával érhető el- kedvező hatással van az erősítő hatásfokára.

Bekapcsolási veszteség

A következő idealizálásokat vezetjük be a számítás során:

1. A kapcsoló telítési feszültsége nulla, és kikapcsolt állapotban az ellenállás végtelen.
2. A kapcsoló átkapcsolási idői nullák (gyors kapcsoló).
3. A kimeneti soros rezgőkör jósági tényezője elegendően nagy az alapharmonikus teljes kiszűrésére.
4. A rádiófrekvenciás folyótétkercs inductivitása végtelen, vesztesége nulla.
5. A kimeneti hálózat (a párhuzamos kapacitást is beleértve) lineáris és veszteségmentes.

Ezekkel a feltételekkel jó közelítéssel számolhatók az erősítő jelalakjai. A kikapcsolási veszteség figyelembevételénél a 2. feltételt figyelmen kívül hagyva, véges átkapcsolási idővel számolhatunk. Ez a vegyes módszer kis hibát eredményez, ha az átkapcsolási idők kicsik.



1. ábra. E-osztályú erősítő elvi kapcsolási rajza és ideális jelalakjai

Az 1. ábrán látható erősítő esetén a kapcsoló-söntkapacitás párost töltő teljes áram és a kapcsolón levő feszültség

$$i(t) = I_i + I_s \sin(\omega t) + I_c \cos(\omega t) = I_i + \text{Im}[(I_s + jI_c) e^{j\omega t}] \quad (1)$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau = \frac{1}{C} \left(I_i t + \frac{I_s}{\omega} - \frac{I_s}{\omega} \cos(\omega t) + \frac{I_c}{\omega} \sin(\omega t) \right) \quad (2)$$

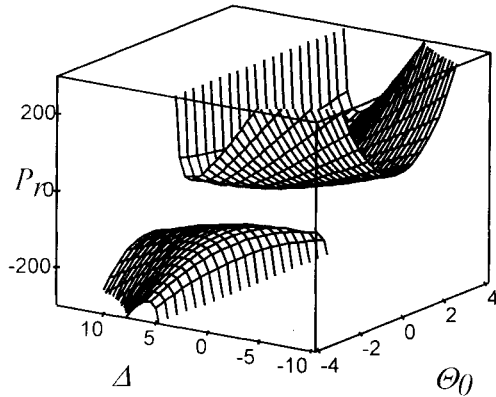
Célunk úgy beállítani az áramkört, hogy a bekapcsolás $\vartheta = \Gamma$ elektromos szögének értékénél a kapcsolón levő feszültség ΔU legyen. További feltételként követeljük, hogy a párhuzamos kapacitást töltő áram $i(\Gamma/\omega) = 0$. Ezekkel a feltételekkel az kimeneti áram szinuszos és koszinuszos komponenseire egy lineáris egyenletrendszert kapunk, amely 50%-os kitöltési tényező esetén a (3) alakba írható.

$$\begin{bmatrix} I_s \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\pi}{2} & \omega C \cdot \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\Gamma} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_i \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (3)$$

Az áram integrálásával a kapcsoló feszültség-időfüggvénye adódik, amelynek átlagértéke a V_0 tápfeszültség. A bekapcsolási veszteség a kapcsolóval párhuzamosan kapcsolt kapacitásban tárolt

¹ Ehhez hozzájárul az is, hogy nemcsak a feszültség nulla a bekapcsolás előtt, hanem a kapcsolót tápláló áram is nulla a bekapcsolást közvetlenül követő pillanatban.

energiából adódik, amely arányos a bekapcsolási feszültség négyzetével. Ha Δ -val jelöljük a feszültségugrás tápfeszültségre vonatkoztatott relatív értékét és P_0 a relatív teljesítmények referenciaértéke, akkor az (4) egyenlet adódik a relatív bekapcsolási veszteségre.



2. ábra Relatív kapcsolási veszteség

$$P_{rON} = -\frac{1}{8\pi} \frac{(\Gamma^2 - 4)\cos(\Gamma) - 4\Gamma \sin(\Gamma) + \Gamma^2 + 4}{2\pi(\cos(\Gamma) - 1) + (\sin(\Gamma) - \Gamma \cos(\Gamma))\Delta} \Delta^2 \quad (4)$$

50% kitöltési tényező esetén $\Gamma = \pi$ és

$$P_{rON} = \frac{\Delta^2}{\pi^2(4 - \Delta)} \quad (5)$$

Kikapcsolási veszteség

A kapcsolón kikapcsoláskor disszipálódó energia a kikapcsolt áram nagyságától függ. A (3) egyenletet az (1) be visszahelyettesítve megkapjuk a teljes áram időfüggvényt a Δ feszültségugrás

függvényében. Ez az áram a kikapcsolás $t = 0$ pillanatában éppen a kapcsoló áramugrásával egyenlő, amelynek a tápáramhoz viszonyított relatív értéke.

$$i_r(0) = \sqrt{\pi(4 - \Delta)} \quad (6)$$

Feltételezzük, hogy a kikapcsolás során az áram időben lineárisan csökken le nullára és az átkapcsolási időnek megfelelő elektromos szög Θ_0 . A lineáris csökkenés következtében a párhuzamos kapacitást töltő maradék áram $i_{chg}(t)$ időben egyenletesen növekszik.

$$i_{rsw}(t) = \sqrt{\pi(4 - \Delta)} \cdot \left(1 - \frac{\omega t}{\Theta_0}\right); \quad i_{rchg}(t) = \sqrt{\pi(4 - \Delta)} \cdot \frac{\omega t}{\Theta_0} \quad (7)$$

A kikapcsolás időtartama alatt a kapcsolón megjelenő feszültség a lineárisan változó töltőáram miatt négyzetesen növekszik. A kikapcsolási veszteségi teljesítmény

$$P_{OFF} = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{\Theta_0}{\omega}} v_{sw}(t) i_{sw}(t) dt \quad (8)$$

A számítások elvégzése után a kikapcsolási veszteség relatív értéke

$$P_{rOFF} = \frac{4 - \Delta}{48} \Theta_0^2 \quad (9)$$

A teljes kapcsolási veszteség a ki- és a bekapcsolási veszteség összegével egyenlő.

$$P_r = P_{rOFF} + P_{rON} = \frac{\Delta^2}{\pi^2(4 - \Delta)} + \frac{4 - \Delta}{48} \Theta_0^2 \quad (10)$$

Az crősítő kikapcsolási hatásfoka

$$\eta = 1 - P_r = 1 - (P_{rOFF} + P_{rON}) = 1 - \frac{\Delta^2}{\pi^2(4 - \Delta)} - \frac{4 - \Delta}{48} \Theta_0^2 \quad (11)$$

A (10) függvény kétdimenziós grafikus ábrázolása a 2. ábrán látható.

Fizikai jelentéssel csak a palást felső részének origóhoz közel eső tartománya bír. A lokális szélsőérték helye (a Δ ugrás függvényében) egy másodfokú egyenlet megoldásaként a parciális derivált nullázásából adódik.

$$\Delta_{1,2} = \frac{384 + 8\Theta_0^2\pi \pm \sqrt{144 + 3\Theta_0^2\pi^2}}{2(48 + \Theta_0^2\pi^2)} \quad (12)$$

Fizikai jelentése a negatív előjeles megoldásnak van. Az optimális határfok új kifejezése a kikapcsolási szög függvényében

$$\eta_{opt}(\Theta_0) = \frac{\pi^2 + 8}{\pi^2} - \frac{2(\Theta_0^2\pi^2 + 48)}{\pi^2\sqrt{144 + 3\Theta_0^2\pi^2}} \quad (13)$$

Új eredmények

Az idealizált elméleti vizsgálatok igazolják, hogy véges átkapcsolási idejű aktív eszközök használata esetén a -szakirodalomban széleskörűen elfogadott- nulla feszültségű bekapcsolási feltétel nem eredményezi az optimális határfokú működést. Kismértékű feszültségugrás a kapcsoló bekapcsolásakor kedvezően befolyásolja az erősítő határfokát. A bemutatott idealizált esetre új határfokképlet adódik, amely figyelembe veszi a beállított feszültségugrás kapcsoló áramra gyakorolt hatását. PSPICE program segítségével végzett számítógépes szimulációs vizsgálatok igazolják a feszültségugrásos beállítás szükségességét.

A jelen munkát a Magyar Köztársaság Országos Tudományos Kutatási Alapja (OTKA) támogatta. Nyilvántartási száma: T017576.

Hivatkozások

- [1] N. O. Sokal and A. D. Sokal, "Class E - A New Class of High-Efficiency Tuned Single-Ended Switching Power Amplifiers," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-10, pp.168-176, June 1975.
- [2] F. H. Raab, "Idealized Operation of the Class E Tuned Power Amplifier," IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. CAS-24, pp.725-735, Dec. 1977.
- [3] K. J. Harman and R. E. Zulinski, "The infesibility of a Zero-Current-Switching class E amplifier," IEEE Trans. Circuits Systems, vol. CAS-37, pp. 152-154, Jan. 1990.
- [4] B. Molnár, "Basic Limitations on Waveforms Achievable in Single Ended Switching Mode Tuned (Class E) Power Amplifiers," IEEE J. Solid state circuits, vol. SC-19, pp. 144-146, Feb. 1984.
- [5] J. A. Blanchard and J. S. Yuan, "Effect of Collector Current Exponential Decay on Power Efficiency for Class E Tuned Power Amplifier," IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. CAS-41, pp. 69-72, Jan. 1994.

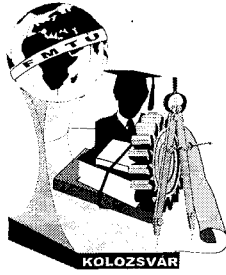
Telegdy Attila

Budapesti Műszaki Egyetem, Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék

H-1111 Budapest, Goldmann György tér 3.

Tel. 00-36-1-4631837. Fax. 00-36-1-4633289

Email: attila@docs4.mht.bme.hu, d-telegdy@nov.mht.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Síkfelületek felülethengerlése mágneses térben

Dr. Kodácsy János Ph.D., Balogh Gábor, Lór Ferenc

Abstract

Magnetic Aided Machining (MAM) is a relatively new machining process on a world scale being developed at present too. MAM is effective in polishing, cleaning, deburring, and burnishing of metal parts. The magnetic effect makes these process more simple and productive. The force necessary for machining is produced by an adjustable electromagnetic field between two magnetic poles within the working area. The magnetic force ensures also the pressure and the necessary relative speed difference between the tools (steel balls) and the workpiece.

A felülethengerlés technológiája

A felülethengerlési technológiák a hagyományos képlékenyalakítási technológiák csoportjába tartozó finomfelületi, mechanikus megmunkálási módok.

Felülethengerléskor a helyi felületi képlékenyalakítást a munkadarab anyagánál jóval keményebb gyűrű vagy gömb alakú szerszámmal végzik. Külső és belső hengeres felületek, sík és alakos felületek egyaránt hengerelhetők. Hatékony felülethengerlési technológiák eddig főleg külső és belső hengeres felületek megmunkálására ismeretesek.

A felülethengerlés jellemzője, hogy nincs forgácsleválasztás. Kis mértékű a környezetszennyezés, ami az eljárást a környezetbarát technológiák csoportjába sorolja. További előny, hogy kicsi az energiaigénye - ellentétben például a kémiai vagy a termikus finomfelületi megmunkálással -, illetve hogy a munkadarab felületi minőségét kedvezően befolyásolja. Csökkenti a felületi érdességet, ugyanakkor javítja a felületi réteg szilárdsági tulajdonságait, ami előnyként jelentkezik a megmunkált munkadarab kifáradási tulajdonságainak vizsgálatakor.

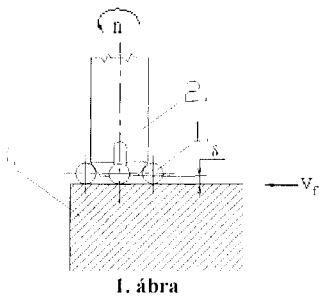
A mágneses térrel segített (MA) technológiák

A mágneses térrel segített technológiák (Magnetic Aided Machining – MAM) világviszonylatban is újszerű, fejlesztés alatt álló megmunkálási módok. Különleges jellemzőjük, hogy a megmunkáláshoz

szükséges erőt a munkatérben létesített szabályozható nagyságú mágneses térerő biztosítja úgy, hogy a szerszámot, vagy a munkadarabot rugalmasan rögzíti.

MA felülethengerlés

A marógépre adaptált berendezés (1. ábra) megmunkálótüskéje (2) és a munkadarab (3) közötti munkarésbe ($\delta \approx 2.5\text{mm}$) hengerlőtestként (1) acélgolyót helyezünk. A megmunkáló testeket állítható nagyságú mágneses térerő szorítja a felületre $F=10\dots 100\text{N}$ erővel.



1. ábra

Hengerléshez $\varnothing 6\dots 12$ mm átmérőjű HRC 62...65 keménységű acélgolyók használatosak. Az elérhető minimális felületi érdességet ($R_a=0.08\dots 1\mu\text{m}$) elsősorban a hengerlőtest átmérője, a gerjesztőáram nagysága, és a szerszám előtolása befolyásolja. Hűtő-kenő folyadék használata feltétlenül szükséges.

A berendezéssel ferromágneses és nem ferromágneses fémek egyaránt megmunkálhatók.

Az eljárás felületi képlékenyalakító technológia, és tartalmazza a felülethengerlés összes előnyét.

MA síkfelület hengerlő berendezés szerszáma környezetében kialakult mágneses tér feltérképezése

A megmunkáló szerszám környezetében kialakult mágneses tér feltérképezésére azért van szükség, mert a technológia egyik igen lényeges összetevőjét - a hengerlőerőt – elsősorban a térerősség nagysága és változása határozza meg. A mágneses térbe helyezett testre ható erő a következő összefüggéssel számítható:

$$F = V \times H \times \frac{\partial H}{\partial r} \times \mu_0 \times (\mu_r - 1) \quad [\text{N}], \quad (1)$$

ahol V -a vizsgált test térfogata [m^3], H -a mágneses térerősség abszolút nagysága a vizsgált helyen

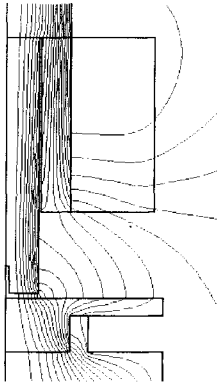
$\left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right]$, $\frac{\partial H}{\partial r}$ -a mágneses térerősség változása a vizsgált hely közvetlen környezetében $\left[\frac{\text{A}}{\text{m}^2} \right]$, μ_0 -a

vákuum mágneses permabilitása $\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2 \text{A}^2} \right)$, μ_r -a vizsgált test relatív permabilitása.

A mágneses tér feltérképezésekor különféle szerszámalkalakat, és különféle munkadarab anyagokat alkalmaztunk.

A nagyszámú mérési adat alapján is a mágneses tér 2. ábra szerinti alakulására következtethettünk, melyet a BME Elméleti Villamosságtan Tanszékén használt végeelem programmal (FEM) vettek fel.

A mágneses tér ismeretében - a 3. ábra szerint - felülethengerlő erő a 2. képlettel számítható:



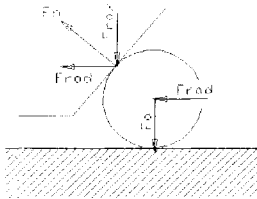
$$F_h = F_{\text{rax}} + F_a \text{ [N]}, \quad (2)$$

ahol F_h - a hengerlő erő [N], F_{rax} - a radiális mágneses vonzóerő axiális komponense [N], F_a - az axiális mágneses vonzóerő.

A radiális (F_{rad}) és axiális (F_a) mágneses vonzóerő az 1 képlet felhasználásával meghatározható. A radiális mágneses vonzóerő axiális komponense (F_{rax}) a megmunkálótüske geometria miatt a következőképpen alakul:

$$F_{\text{rax}} = F_{\text{rad}} \times \text{tg}\alpha, \text{ [N]}, \quad (3)$$

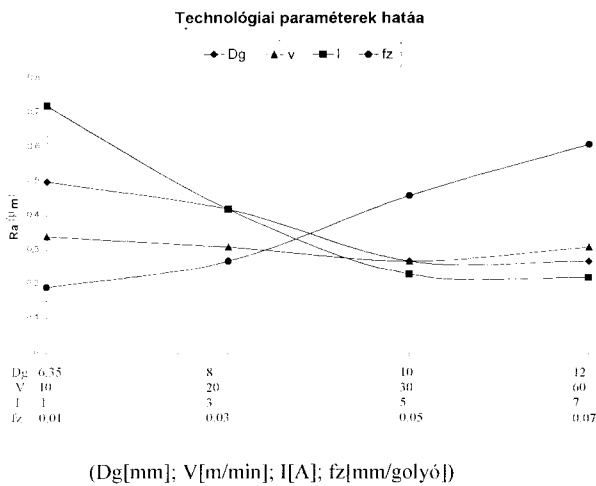
ábra ahol α - a megmunkálótüske leélezésének félkúpszöge.



3. ábra

Ilyen módon a hengerlő erő értéke, 8mm-es átmérőjű hengerlőtestet alkalmazva, Al 99.5 anyagú munkadarab esetén $F_h \cong 5\text{N}$, míg Fe490-2 anyagú munkadarab esetén $F_h \cong 8\text{N}$ nagyságúra adódik. A számításokat mérések is alátámasztották, megállapíthattuk, hogy az eredmények különösen Al anyagú munkadarab hengerlésénél jól egyeznek.

A felületminőség alakulása MA síkfelület hengerléskor: eredmények, következtetések



4. ábra

A technológiai kísérletek során az Al 99,5 és Fe 490-2 anyagú munkadarabok felületi érdességének alakulását vizsgáltuk a technológiai paraméterek változtatásával. A kiinduló felületi érdesség $R_a=1 \dots 1.3 \mu\text{m}$.

A maximális felületi érdesség (R_{max}) elméletileg az egy golyóra eső előtolás és a golyó sugarának függvénye. Az összefüggés szerint az előtolás golyó sugarának növekedésével a felületi érdesség javulása valószínűsíthető.

$$R_{\text{max}} = \frac{f_z^2}{8R_g} \quad (4)$$

Alumínium esetén a felületi hengerlést a mágneses tér által keltett kisebb F_a axiális erő és a szerszám geometriájából adódó F_{rax} erő végzi. Alumínium és a nem ferromágneses anyagoknál nagy jelentősége van a leélezésnek, ami a golyóknak centrifugális erő okozta függőleges mozgását szünteti meg. A

túlzott leélezés azonban a golyók befeszülését okozza, amely a felület felgyűrődésével jár. Acéloknál a mágneses erő F_h axiális értékének meghatározó nagysága miatt nem feltétlenül szükséges a szerszámtestek leélezése.

A golyóátmérő növekedésével általában csökken a felületi érdesség, aminek egyik magyarázata, hogy az átmérő növekedésével nő a hengerlő erő.

Az alakító sebesség növekedésével $v=28...30$ m/min-ig csökken a felületi érdesség. Alumíniumnál a felületi érdesség növekedését a centrifugális erő növekedése, és ennek következtében fellépő káros rezonanciák okozzák. A rezgések létrejöttét a viszonylag kis F_h hengerlőerő is segíti. Acélnál a nagyobb F_h hengerlőerő értékek miatt kisebb a rezgések fellépésének valószínűsége a nagyobb sebességtartományokban is. A golyók az acél anyagú munkadarabhoz „tapadnak”, és ez az egyenletesebb legördülését eredményezi.

A gerjesztő áram növekedésével a mágneses térerősség, és ezzel együtt az F_h hengerlőerő növekedésére számíthatunk, mindkét munkadarab esetén. Acél megmunkálásakor felületi érdesség sokkal érzékenyebben reagál a gerjesztő áram (I), vagyis a térerősség (H) változására, mint alumíniumnál. Az elérhető legkisebb érdességi érték is kisebb, annak ellenére, hogy a hengerelendő felület keményebb. A magyarázat ez esetben is a szerszám egyenletesebb járásában, és az acél megmunkálására jellemző nagyobb F_h hengerlő erő kialakulásában rejlik.

A felülethengerlés nemcsak a felület érdességét, hanem a felület jellemzőit is megváltoztatja, ez a felkeményedés előnyösen hat a megmunkált felület kifaradási tulajdonságaira.

Irodalomjegyzék

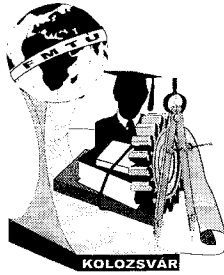
- [1] Dr. Gribovszki László: Gépipari megmunkálások
Tankönyvkiadó, Budapest 1977.
- [2] Kodácsy János: Munkásság tézisszerű összefoglalása
ME, Doktori (Ph.D.) Tézisfüzetei, Miskolc 1997.
- [3] Dr. Kodácsy János: Mágnesezéssel segített megmunkálás
GAMF GTT, 1996. Oktatási segédlet
- [4] Dr. Kodácsy J. – Dr. Szabó A. – Dr. Danyi J.: Magnetic Aided Machining,
9 th DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM
TU Cluj-Napoca (RO), 22-24 th october 1998.
- [5] Dr. Sebestyén. Imre - Dr. Kodácsy J.:
Improved Model for Magnetic Field Assisted Machining
8 th International IGTE Symposium, 21-24 th september 1998. Graz, Austria

Dr. Kodácsy János Ph.D., tanszékvezető*; Balogh Gábor, főiskolai hallgató**; Lőr Ferenc, főiskolai hallgató***

Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola H-6000 Kecskemét Pf. 91. Hungary

Telefon: (36) 76/481-291 Fax.: (36) 76/481-304

E-mail:* kodacsy@gamf.hu, ** balogh@gamf.hu, *** lorc@zaklat.gamf.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Kettősimpulzus-technika a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéseknél

Meiszterics Zoltán

Introduction

The most important advantages of impulse technology in gas shielded metal arc welding are controlled heat input, droplet transfer without short circuiting over the entire working range, spatter free welding. Double impulse welding is a relatively new welding method. The difference between impulse and double impulse welding is in wire feed rate. At impulse welding one is constant, while at double impulse welding changing in impulses. The purpose of the investigation was to prove something differences between beads welded by two technologies. For the tests we use robotic welding to eliminate disturbing factors. At beads welded by the double impulse welding we found some advantageous property compared with the beads welded by impulse welding. Beside same heat input better spreading molten pool, deeper penetration, lower and wider bead was the result.

1. Az eljárás általános leírása

A fogyóelektródás védőgázos impulzushegesztés lényege, hogy a hegesztőáram nagyságát impulzusszerűen változtatjuk. Ha a paraméterek jól összehangoltak, akkor minden egyes impulzusnál leválik egy csepp az elektróda végéről. Ennek eredményeképpen az anyagátmenet az elektródáról az ömledékbe szabályozott módon, fröcskölésmentesen megy végbe. Az impulzushegesztés legfontosabb paraméterei: impulzusfeszültség (U_p), frekvencia (f), alapáram (I_G), impulzusáram (I_p), impulzusáram idő (t_p), alapáram idő (t_G), áram felfutási (t_F) és lefutási idő (t_L). A nagyszámú paraméter között nem egyszerű feladat megtalálni az összhangot és ha ez nem sikerül, akkor a szabályozott anyagátmenet nem valósul meg, tehát fröcskölés jelentkezik.

A kettős-impulzushegesztés - hasonlóan a hagyományos impulzushegesztéshez - gyors áramimpulzusokkal dolgozik (25-300 Hz), de a huzalelőtölési sebesség nem állandó, hanem impulzusszerűen változik. A huzalelőtölési impulzusok frekvenciáját a hegesztési sebesség figyelembe vételével célszerű úgy megválasztani, hogy a varrathosszra eső impulzusszám kb. megegyezzen a TIG (AWI) hegesztésnél szokásos lassú impulzus értékekkel, ez a frekvencia csupán néhány Hz. Mivel a huzalelőtölési sebesség és a hegesztőáram középértéke között szoros összefüggés van, ez azt jelenti, hogy két különböző átlagteljesítménnyel dolgozunk felváltva. A két teljesítményszinthez két egymástól független impulzusparaméter-csomag és eltérő ívhossz tartozik.

Így hegesztés közben a huzalelőtolási impulzusok frekvenciájával megegyezően változik az ívhossz illetve a szabad huzalvég nagysága.

2. Az impulzus és a kettősimpulzus-technika összevetése

A két eljárás összehasonlítására alumínium alapanyagokon végzett robotos hegesztési próbákat végeztünk, hogy a kísérletek reprodukálhatók legyenek, közben pedig gyorsregisztrálóval mértük a hegesztőáram időbeli alakulását. A huzalelőtolásokat úgy állítottuk be, hogy minden impulzustechnikával hegesztett munkadarabnak meglegyen az azonos átlagteljesítménnyel hegesztett kettős-impulzustechnikával készült párja. Az összehasonlítás alapja, hogy az elkészített varratok alakja hogyan változik a varrat hossz tengelye mentén. Ennek érdekében lemértük a varrat kezdettől 20 mm-enként a varrat szélességét (B) és magasságát (H). Ebből a két méretből kiszámoltunk az ún. külső formatényezőt ($\psi=B/H$). Dinamikus terhelések esetén az a kedvezőbb, ha a varratdomborulat minél kisebb, nincs éles bemetszés a varrat és az alapanyag átmeneténél, azaz a külső formatényező nagyobb értékei ebből a szempontból kedvezőbb varratalakra utalnak.

A 1. táblázat néhány mérési eredményt foglal össze.

Varrat sorszám	Kettős imp.	Távolság a varrat kezdettől [mm]							
			20	40	60	80	100	120	140
1.	ki	Varratszélesség B	5,95	6,4	6,95	6,9	7,09	6,85	6,95
		Varratmagasság H	2,68	2,55	2,55	2,52	2,48	2,45	2,45
		Külső formatényező Ψ	2,22	2,51	2,73	2,74	2,86	2,84	2,84
2.	be	Varratszélesség B	6,32	6,32	6,95	7,1	7,2	7,25	7,25
		Varratmagasság H	2,62	2,49	2,53	2,52	2,35	2,42	2,35
		Külső formatényező Ψ	2,41	2,54	2,75	2,82	3,06	3	3,09
7.	ki	Varratszélesség B	8,45	8,92	9,27	9,47	9,55	9,62	9,62
		Varratmagasság H	2,98	2,83	2,81	2,69	2,65	2,67	2,67
		Külső formatényező Ψ	2,94	3,15	3,3	3,52	3,6	3,6	3,6
8.	be	Varratszélesség B	7,65	8,8	9,4	10	10,25	10,25	10,2
		Varratmagasság H	2,95	2,8	2,67	2,65	2,5	2,6	2,45
		Külső formatényező Ψ	2,59	3,14	3,52	3,77	4,1	3,94	4,16

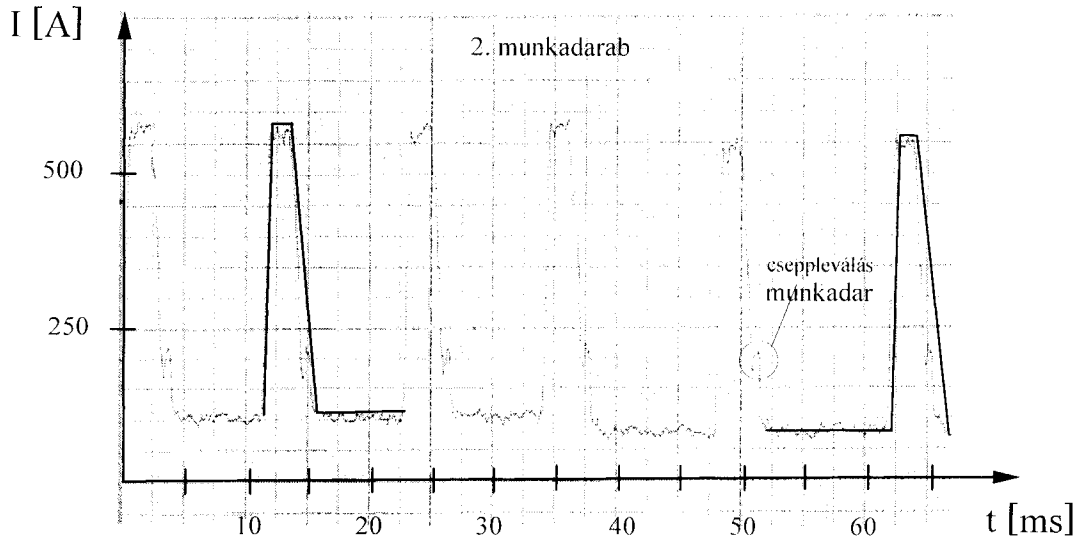
I. táblázat

Jól látható a tendencia, hogy a kettős-impulzustechnikával hegesztett varratok esetén szinte minden esetben nagyobb volt a külső formatényező. A formatényező kb. 100 mm-nél stabilizálódott, utána már csak kisebb ingadozások voltak tapasztalhatók értékeiben. Továbbá jól látható az eredményekből az is, hogy a teljesítmény növelése a külső formatényező növekedését vonta maga után.

Mivel a hegesztés során mért áram-idő jelleggörbék eltérnek az ideálistól a hegesztőáram kismértékű ingadozásai miatt, ezért a kiértékelés során a regisztráló által felvett jelleggörbékre rárajzoltuk a közelítő ideális jelleggörbéket és ezekről mértük le az impulzushegesztés jellemző paramétereit.

Az 1. diagramon látható a 2. munkadarab hegesztésekor felvett regisztrátum részlete, mely részletet úgy választottuk ki, hogy rajta legyen a kettős-impulzus egy átmenete. A diagramon a nagyobb huzalelőtolásról a kisebbre való váltást láthatjuk. Látható, hogy az átmenet mindenféle zavar nélkül

megtörtént. Az impulzuszfázis jelalakja alig változott, jelentősebb változás az alapáramban és -időben, valamint az impulzusáramban történt.



1. diagram

A regisztrátumok kiértékelésének az eredményeit a **2. táblázatban** foglaltuk össze.

varrat sorszám	v_h [m/min]	t_F [ms]	t_p [ms]	t_L [ms]	t_G [ms]	t_{cs} [ms]	T [ms]	f [Hz]	I_G [A]	I_p [A]	I_{ka} [A] I_{ki} [A]	I_k [A]
1.	6	0,75	2	1,5	8	3,5	12,25	81,6	95	560		213,6
2.	5,3	0,75	1,5	1,875	8,5	3,5	12,625	79,2	90	560	194,7	211,7
	6,7	0,6	1,5	2,15	7	3,75	11,25	88,8	110	575	228,8	
7.	8	0,75	1,75	1,875	5,55	3,75	9,93	100,7	128	595		269,8
8.	7,2	0,75	1,75	1,875	6,425	3,75	10,8	92,59	115	580	246,86	267
	8,8	0,75	1,75	1,875	4,875	3,75	9,25	108,1	130	605	287,2	

2. táblázat

A közepes áramerősségek eredményeiből látható, hogy az egymással összehasonlított varratok hegesztése valóban közel azonos átlagteljesítménnyel történt.

A regisztrátumokból a következő általános következtetéseket lehet levonni:

- Nem minden impulzusparaméter változik meg a hegesztési teljesítmény változtatásakor, mivel azonos méretű cseppek leválasztásához egymáshoz nagyon hasonló impulzus jelalakok szükségesek. Az impulzuszfázis időparaméterei minden hegesztési próbánál megközelítően azonosak voltak.
- Mivel alumínium alapanyaggal dolgoztunk, alap- és impulzusáramot is illeszteni kell a folyamathoz, tehát ezeknek szükségképpen meg kellett változniuk.
- A regisztrátumokon jól megfigyelhető a cseppleválás, ami az áramlefutás vége előtt következett be. Az áramlefutási görbén egy helyi áramcsúcs formájában jelentkezett (**1. diagram**). Mindegyik

hegesztési próbánál az áramfelfutás kezdetétől számítva kb. 3,75 ms múlva következett be a cseppleválás.

- A hegesztésiteljesítmény növekedése a cseppleválás frekvenciájának növekedését vonta maga után

3. Végkövetkeztetések

Összefoglalva az előző fejezetben elemzett kísérleti eredményeket a hagyományos impulzustechnika és a kettős-impulzustechnika között a következő különbségeket tapasztaltuk:

- Kettős-impulzustechnikával hegesztett varratok felszíne pikkelyezett, míg a hagyományos impulzusal hegesztetteké sima.
- Hegesztés közben kettős-impulzusnál a varrat jobban terült kézi hegesztésnél előnyös lehet, mivel az ömledékfürdő jobban kézben tartható.
- A kettős-impulzustechnikával készített varratok alakja kedvezőbb szélesebb és laposabb a varrat alapanyag átmenet kedvezőbb.
- Mélyebb beolvadás jellemezte a kettős-impulzussal hegesztett varratokat

A kísérletsorozat bizonyította, hogy alumínium alapanyagok esetén kedvezőbb a kettős-impulzustechnika alkalmazása, így ezen a területen javasolt az alkalmazása. A robotos hegesztéssel ugyan sok külső zavaró tényezőt kiküszöböltünk, de mivel igen sok tényezőzős folyamatokról van szó, így az elvégzett kísérletek csak a tendenciákat tükrözik, ahhoz hogy megbízhatóbb eredményeket kapjunk, az azonos beállításoknál több kísérletsorozatot kell elvégezni és azok eredményeit statisztikai módszerekkel feldolgozni. Csak így kaphatunk megbízhatóbb, pontosabb képet a két technológiáról. További összehasonlító kísérletsorozatot lehetne elvégezni más, például acél alapanyagok esetén.

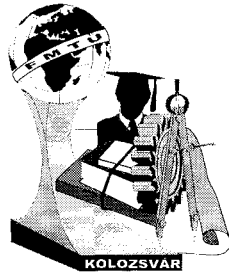
Irodalomjegyzék

- [1] Farkas Attila: Investigation of application for gas-metal arc welding
GÉP 1996/9 p37-41.
- [2] Prof.Dr.-Ing F. Eichhorn und Dipl. -Ing. H. W. Langenbahn, Aachen:
Spritzerfreies Metall-Aktivgasschweissen unter Mischgas mit Impulslichtbogen
Schweissen und Schneiden 1985/9 p483-487.
- [3] Czitán Gábor- Komócsin Mihály: Az impulzusív hegesztés anyagátviteli folyamata
Hegesztéstechnika 1994/4 p22-25.
- [4] Dr. Farkas Attila, Meiszterics Zoltán: Alumínium fogyóelektródás védőgáz hegesztése
kettősimpulzus-technika alkalmazásával
X. Országos Hegesztési Tanácskozás, Balatonszéplak 1998. p125-129

Név:Meiszterics Zoltán

Munkahely:JPTE PMMFK Gépszerkezettan Tanszék, cím:7625, Pécs Rókus utca 2.

Tel:36-72-224-277/7177, Fax:36-72-224-277/7131, E-mail:meiszter@gi.pmmfk.jppte.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Színelőállítás optimalizálása kísérlettervezés segítségével

Johanyák Zsolt Csaba

Abstract: The critical point in the manufacture of metal-packing appliances is to produce the correct printing of the inscriptions and graphics in the colours expected by the customer. In the case when there are differences in colour, the product can be sold only at a reduced price, or cannot be sold at all. The process itself is not very complicated, but the result is influenced by a large number of parameters which should be "set up" optimally upon designed experiments. The process-optimization can be effectuated without thorough practical knowledge about the process itself, for example, with the aid of Shainin techniques, but the presence of the experience is able to reduce the amount of necessary resources. In what follows we will offer a survey about the most important theoretical and practical questions related to this problem.

A fém csomagolószerek előállításának egyik kritikus pontja a rájuk nyomtatott grafikák és feliratok megfelelő, a megrendelő által megkívánt színének előállítása. Eltérések esetén a terméket csak árengedménnyel vagy egyáltalán nem lehet eladni. Bár a folyamat nem túl bonyolult, de az eredményt meglehetősen nagyszámú paraméter befolyásolja, amelyek optimális beállításához megtervezett kísérletekre van szükség. A kísérletműszertanon alapuló folyamatoptimalizálás sikerének kulcsa a megfelelő előkészítő munka. Ezt el lehet végezni az adott gyártási folyamatra vonatkozó mélyreható gyakorlati ismeretek hiányában is, például a Shainin technikák alkalmazásával, de a tapasztalati tudás megléte jelentős mértékben csökkentheti a szükséges erőforrások mértékét. Az alábbiakban áttekintjük a feladat megoldása során felmerült fontosabb elméleti és gyakorlati kérdéseket.

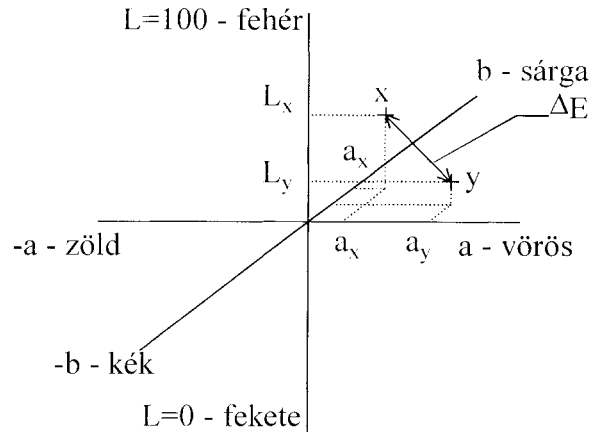
Színmérés

Az eltérő hosszúságú fénysugarak tudatunkban különböző színek érzetét váltják ki. A színmérés célja az, hogy a színérzethez kapcsolható számokat állítson elő. Ezt a feladatot az additív színinger keveréssel oldják meg. Magyarországon a CIELAB színmérő rendszer került szabványosításra. Ez egy háromdimenziós koordináta-rendszerben (1. ábra) az ún. színtestben egy pont segítségével ábrázolja a színt. Az abszcissza (a) a zöldből a vörösbe, az ordináta (b) a kékből a sárgába történő átmenetet, míg a függőleges tengely (L) a világosság értékét mutatja.

Az L tengelytől való távolság határozza meg a szín telítettségét. Az x és y színpontok színinger különbségét a

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

képlet határozza meg. A csomagolóanyagra kerülő színeket a megrendelő a nyomdaiparban legelterjedtebben használt Pantone skáláról választja ki, ami mintegy 3000 színmintát tartalmaz. A kísérletek célja a P485 C, P471 C, P351 C azonosítóval rendelkező színek minél tökéletesebb reprodukálása volt, ugyanis a gyakorlatban ezek nyomdázásánál mutatkozott a legtöbb minőségi probléma.



1. ábra CIELAB rendszer

A minőségi karakterisztika

A legyártott csomagolóanyag átvétele során a katalógusból kiválasztott minta és a termék színinger különbsége határozza meg az elfogadhatóságot, így a kettő közötti eltérést mutató ΔE mennyiség lett minőségi karakterisztikaként kiválasztva. A folyamatoptimalizálási projekt célja ezen érték lehető legalacsonyabb szintre történő szorítása volt, azaz minőségi jellemző típusa “kisebb a jobb”. A ΔE érték egy Gretag SPM

1. táblázat

ΔE	Minősítés
0,0 – 0,5	nem vehető észre
0,5 – 1,5	alig észrevehető
1,5 – 3,0	észrevehető
3,0 – 6,0	jól látható
6,0 – 12,0	nagy a különbség

55 típusú spektrofotométer segítségével került meghatározásra. A műszer százados pontossággal dolgozik. Az 1. táblázat tartalmazza az egyes ΔE értéktartományok minősítését.

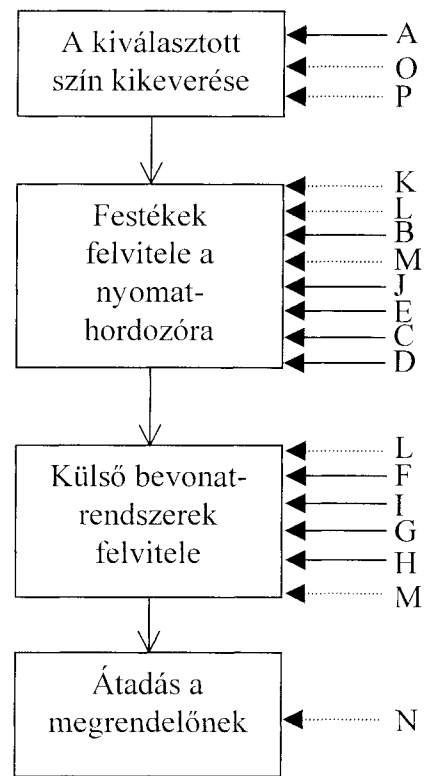
Faktorok

A kísérlettervezésben az optimalizálni kívánt folyamatot befolyásoló tényezőket, paramétereket faktoroknak, míg a hozzájuk kapcsolható beállítási értékeket szinteknek nevezzük. Helyes kiválasztásuk többéves szakmai gyakorlatot és tapasztalatokat igényel, és döntően befolyásolhatja tevékenységünk eredményét. A faktorokat alapvetően két csoportba sorolhatjuk. A kézben tartható faktorok azok, amelyeknek különböző szintekre történő beállítása nem okoz különösebb műszaki vagy gazdasági jellegű nehézséget. Ezzel szemben a zajfaktorok olyan befolyásoló tényezők, amelyeket vagy nem tudunk beállítani, vagy értékük szabályozásának költsége meghaladja a várható nyereséget. A nyomdázási folyamatnál tíz kézben tartható- és hat zajfaktort sikerült azonosítani a kísérletek előkészítése folyamán. A folyamatot lépésekre bontva a 2. ábra szemlélteti az egyes

faktorok hatás gyakorlási helyét. A szaggatott vonallal megrajzolt nyilak a zajfaktorokat jelölik, míg folyamatos vonallal szereplő társaik a kézben tartható tényezőkhöz kapcsolódnak. Minden faktor esetében három szint került megállapításra.

Kísérletterv

A fémnyomdázással kapcsolatos tapasztalatok lehetővé tették a befolyásoló tényezők kiválasztását, így egy faktoriális terv kiválasztása tűnt a legmegfelelőbbnek. A teljes biztonságot nyújtó és az összes lehetséges kölcsönhatást figyelembe vevő teljes faktoriális terv $3^{10}=531441$ kísérletet igényelne, ami a gyakorlatban nem valósítható meg. A tapasztalatok alapján abból a feltételezésből lehetett kiindulni, hogy az egyes faktorok közötti kölcsönhatás elhanyagolható. Ezért az egyszerűsítéssel dolgozó módszerek közül Taguchi $L_{27}(3^{13})$ terve került kiválasztásra, ami 13 darab 3 szintű faktor kölcsönhatás nélküli vizsgálatát teszi lehetővé 27 kísérleti beállítás segítségével. Minden beállítást kétszer megismételve összesen 81 kísérletre van szükség. Ez az erőforrásigények drasztikus csökkentését jelenti. A kölcsönhatások elhanyagolása azzal a kockázattal járt, hogy a kísérletek eredményeiből számított optimális paramétersor nem a valós helyzetet tükrözi. Ebben az esetben olyan új terveket kell készíteni, amelyek már lehetővé teszik a korábban elhanyagolt kölcsönhatások kiértékelését. Ez természetesen időben és anyagiakban egyaránt veszteséget jelent, de a tapasztalatok alapján ez a kockázat vállalhatóknak tűnt, és az eredmények igazolták a feltevéseket.



2. ábra Színreprodukálási folyamat

A kísérleti eredmények kiértékelése

A mérési eredmények feldolgozása többféle módszerrel lehetséges, ismétléses kísérletekről lévén szó a Taguchi féle jel/zaj viszony (S/N) elemzés mellett döntöttünk. Míg a hagyományos ANOVA-val (variancia elemzés) az ismétlésekkel elért eredmények átlagával számol, addig a jel/zaj viszony elemzés figyelembe veszi az egyes értékek közötti eltérést is kiszámolva a közepes négyzetes eltérést (MSD)(2), majd ennek segítségével az S/N értéket (3). Itt n az egy beállítástípushoz tartozó értékek számát jelöli.

$$MSD = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i^2}{n} \quad (2)$$

$$S/N = -10 \cdot \log_{10}(MSD) \quad (3)$$

Az kiszámolt S/N értékkel végrehajtott variancia elemzés (ANOVA) egy egyszerű hatásvizsgálattal kiegészítve lehetővé teszi a lényegtelen hatással bíró faktorok összevonását és kiejtését, valamint egy olyan paraméterkombináció megtalálását, amely robusztus megoldást szolgáltat a problémára. Ez azt jelenti, hogy a zaj- és a kiejtett faktorok értékének változása nem lesz hatással az eredményre. A kevésbé lényeges tényezők kiejtése gazdasági szempontból is fontos lehet, mert gyakran előfordul, hogy egy faktor esetén a különböző szintek beállítása igen eltérő mértékű anyagi ráfordítást igényel. Ha a végeredmény szempontjából nincs nagy jelentősége annak, hogy a három lehetséges érték közül melyiket állítjuk be, akkor egyértelműen az olcsóbb megoldás mellett döntünk.

A számítások alapján a piros szín esetében az A, H, I és J, a zöld szín esetében az A, G, H, I és J, míg a barna szín esetében a H, I és J faktorok bizonyultak domináns hatásúnak.

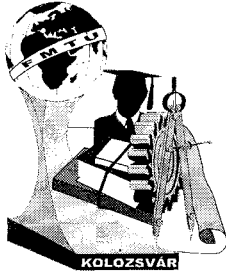
Ellenőrző kísérletek

A számításokkal meghatározott optimális paramétersor jóságának igazolására szolgálnak az ún. ellenőrző kísérletek. Az eredmények mindhárom szín esetében javulást jeleztek a folyamatoptimalizálást megelőző értékekhez képest.

Irodalomjegyzék

- [1] Ranjit, K. R.: Design of experiments using Taguchi approach, Nutek INC, Birmingham, 1994.
- [2] Quentin, H.: Versuchsmethoden im Qualitäts-Engineering, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1994.
- [3] Cobb, G. W.: Introduction to Design and Analysis of Experiments, Springer Verlag, New York, 1998.

Johanyák Zsolt Csaba, okleveles gépészmérnök, minőségügyi mérnök, főiskolai adjunktus
 Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Informatika Tanszék, H-6001 Kecskemét Pf. 91.
 Tel.: -36-76-481 291
 Fax: -36-76-481 304
 e-mail: csaba@gamf.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Zsákolt áruk palettázását végző rendszer szimulációs kapacitásvizsgálata

Kádár Tamás

Abstract

This essay is based on a research work that deals with the usage of a simulation program and its application in case of different problems. In this paper I focused on one special task (simulational capacity-examination of a system producing units of bagged products) that I had to work out during my summer practical study at the University of Miskolc. At first I give a short overview of the system examined and the operations realized in it. After taking a closer look at the I/O parameters that was important in the simulational point of view I give some details of the process of building the simulational model and then I determine the aims of the examination. Finally I give a short list of the results of the simulation and the valuation of the system derived from the results.

Bevezetés

Nagy megtiszteltetésemre 1998. áprilisában egyhónapos tanulmányúton vettem részt a Kassai Műszaki Egyetemen, ahol megismerkedtem egy Simfactory nevű szimulációs programmal. A Simfactory egy általános célú szimulációs program beépített kétdimenziós animálási funkcióval, amely alkalmas termelési (gyártási) és egyéb általános folyamatok anyagáramlásának szimulálására és megjelenítésére. A nyári szakmai gyakorlatom során lehetőségem nyílt, hogy a Simfactory alkalmazhatóságát egy valós probléma esetén megvizsgáljam, amely a Miskolci Egyetemen, az Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszéken egy futó projekthez kapcsolódott. Feladatom egy zsákoló üzem kapacitás vizsgálata volt, amely során elkészítettem az üzem anyagáramlási rendszerének a modelljét és szimulációs futtatásokat végeztem a Simfactory program segítségével. A különböző paraméter beállításokkal végzett futtatások eredményeit kiértékeltem és az eredményekből következtetéseket vontam le a rendszerre és a teljesítményre vonatkozólag. Dolgozatomban rövid áttekintést adok a vizsgált rendszerről, a szimulációhoz kapcsolódó feladatokról és a szimulációval elért eredményekről.

Rendszerleírás

A vizsgált rendszerben a következő műveleteket végzik el [1]:

- a termék (por) átmeneti tárolása egy közbenső tárolóban (acél tartály) a zsákolás előtt,
- a termék zsákokba való töltése,
- egységtrakományok készítése (palettázás, fóliázás),
- zsákok, egységtrakományok (paletták) mozgatása szállítoszalagon, illetve görgőspályán,
- zsákok és egységtrakományok szállító járműre (targonca) rakodása és az üzemi raktárba történő letárolása,
- rakodólapok, üres zsákok, fólia, ragasztó, hullámpapír tárolása.

Egy tároló silóból a termék (por) egy közös szállítóvezetéken keresztül jut a két zsákológép közbenső tárolóiba pneumatikus szállítás révén. A zsákoló silókhoz egy-egy zsákológép tartozik. Mindegyik zsákológépen 4-4 töltésér van, amelyen keresztül a terméket zsákokba töltik. A zsákok kézi vagy automatikus szeleppel lehetnek ellátva, a lezsákolt mennyiséget viszont nem befolyásolja a szelep típusa. A zsákológép működése automatikus, csak a zsákok töltőcsőre történő felhelyezése történik kézi erővel. A megtöltött zsák egy billenőkeréken rögzített zsákerelő lemezen keresztül az alatta levő gumihevederes szállítoszalagra esik. A zsákolt áru nagyobb részét kiszállítás előtt palettázzák. Az egységtrakománnyá történő összeállítást két palettázó végzi. A palettázott zsákolt árut minőségellenőrzés után fóliázzák. A palettázott zsákolt áru közvetlenül, vagy tárolás után döntően közúton kerül kiszállításra. A palettázáson kívül közúti és vasúti zsákos rakodásra is lehetőség van.

Rendszerparaméterek

- **Bemenő paraméterek**
 - **Állandó paraméterek**
 - szállítoszalagok, görgőspályák, targonca sebessége,
 - a szimuláció futási ideje,
 - berendezések, szállítoszalagok, görgőspályák, szállítójárművek, raktár kapacitása,
 - geometriai méretek (szállítoszalagok, útvonalak hossza),
 - **Eloszlással megadott paraméterek**
 - termékek sorozatnagysága, átállási idők két különböző termék között.
 - műveleti idők (zsákolás, palettázás, fóliázás ideje),
- **Kimenő paraméterek**

A program a szimulációs futtatások alatt jelentéseket (reports) készít, amelyet több fájlban letárol. Ezek statisztikai adatok, amelyek kiterjednek:

- az elvégzett műveletekre, az eszközök, berendezések működésére (kihasználtságára),
- a szállító eszközök, járművek, tárolók kihasználtságára, készlet szintjére,

- az egyes berendezéseken elkészült termékek, illetve a raktárba került termékek mennyiségére,
- termékek átfutási idejére, az egyes szállítószalagokon a termékek várakozási idejére.

A szimulációs futtatás során továbbá lehetőség van arra, hogy hisztogramokon nyomon kövessük az egyes berendezések, szállító járművek kihasználtságát, illetve a termékek átlagos készlet szintjét és várakozási idejét az egyes szállítószalagokon.

A szimulációs modell és a vizsgálat célja

A szimulációs modell elkészítésénél törekedni kell, hogy az elkészítendő modell mind struktúráisan, mind funkcionálisan megegyezzen a valós logisztikai rendszer felépítésével. Ha ez nem lehetséges teljes mértékben, akkor olyan megoldásokat kell találni (kerülő utakat), amellyel az így létrejövő modell ekvivalens az eredetivel. A Simfactory program objektumokat használ az egyes logisztikai egységek (technológiai berendezések, szállító eszközök, járművek, szállítószalagok, raktár stb.) leírására. Az egyes objektumokban paramétereken keresztül lehet beállítani a rájuk jellemző tulajdonságokat. Ha elkészült a modell struktúrája, akkor a funkcionális elemeket kell megadni, illetve beállítani, amely kiterjed az anyagellátásra, az egyes gépeken végzendő műveletekre, az anyagáramlás útvonalára, szállító eszközök, járművek működésére, kivételes eseményekre (megszakítások). A funkcionális beállítások után a futtatásra vonatkozó paramétereket kell beállítani (pl. futási idő), majd elkezdhető a futtatás. A futtatások során kapott eredményeket kiértékeljük, analizáljuk, táblázatokat, diagrammokat készítünk, amelyeken keresztül nyomon követhető a rendszer működése a különböző paraméter beállítások mellett. A vizsgálat kiterjed:

- az egyes berendezések (zsákoló, palettázó, fóliázó, szállítószalagok, járművek) kihasználtságára, várakozási idejükre,
- termelési kapacitásokra, szűk keresztmetszetekre,
- termékek átfutási idejére, üresjáratok arányára.

A vizsgálat célja az egyes vizsgált szempontok (paraméterek) minimum vagy maximum értékének a megtalálása. Azonban nem elég külön-külön megtalálni a legjobb értéket, hanem az összes, vizsgált paraméternek egy optimális kombinációját kell megtalálni, lehetőleg maximális termelési kapacitás mellett. A rendszer működését egy paraméter, a zsákolás műveleti idejének a fv.-ben vizsgáltam, amely meghatározza, hogy a zsákok milyen intenzitással jutnak a rendszerbe, vagyis a rendszer inputját. A műveleti időt 5 és 8 sec között fél másodpercenként, 8 és 15 sec között egy másodpercenként változtattam. A szimulációs futtatás idejét egy műszakra vettem, amely 7.5 óra munkából és fél óra műszak cseréből áll, ilyenkor a gépeket kifuttatjuk és leállítjuk. Egy nap három műszakból áll, amelynek a termelési kapacitása becsülhető a műszakra vonatkozó adatok alapján.

Eredmények

- **Közvetlen eredmények**
 - Animáció (vizuális észlelés)
 - Hisztogramok (szimuláció alatt áll rendelkezésre)
 - A program által szolgáltatott adatok (reports)
- **További kiértékelések**
 - Táblázatok
 - Diagramok

Értékelés

A futási eredmények és az ezekből készített statisztikai adatok, grafikonok vizsgálata eredményeképpen kirajzolódott egy tendencia a rendszer összteljesítményére vonatkozóan: nagy input intenzitás (a zsákolás műveleti ideje kicsi) mellett egyrészt az egyes zsákolókhöz tartozó munkahelyek blokkolják egymás termelési kapacitását, másrészt szűk keresztmetszetek alakulnak ki a rendszerben. E két hatás azt eredményezi, hogy hiába csökkentjük a zsákolás műveleti idejét (növeljük az inputot) a rendszer termelési kapacitása (a raktárba kikerülő termékek száma) nem fog nőni, sőt várhatóan egy negatív irányú tendencia fog kialakulni (azonban ennek már technikai akadályai vannak). Az input folyamatos csökkenésével a termelés kapacitása is folyamatosan csökken, amely kihasználatlan kapacitásokat fog okozni a rendszerben (nő az üresjáratok aránya). Mindebből következik, hogy az optimális pont a vizsgált intervallumon belül helyezkedik el, valahol a 7 sec körül. Ez a pont a szimulációs vizsgálat eredménye, azonban sok olyan tényező van még, amely a szimulációban nem lett figyelembe véve (pl. gépek meghibásodása) és módosíthatja ezt az értéket.

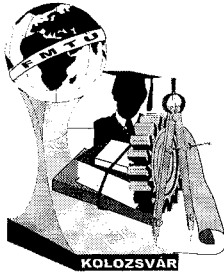
Felhasznált irodalom

[1] Kádár Tamás: Zsákolt áruk palettázását végző rendszer kapacitásvizsgálata és animációs szimulációja (TDK dolgozat), Miskolc, 1998.

Kádár Tamás (hallgató)

Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros

Email: kadar@iit.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Szárasmegmunkálás a forgácsolásban

Polák Helga

Summary

At regular high production capacity cutting machines during cutting for cooling and lubricating tools, various coolants are used.

The alternative of these kind of cuttings can be named dry cutting, where the cutting goes on without applying coolants the pairing of appropriate workpiece- and tool material and the adequate parameters of cutting because of the environmental aspects.

It is possible to become essential before the appearance of cutting machines designed with the respect of these kind of working method to rebuild or change present machines.

The abstracts of these experiments are mechanicals and environmental and economicals.

Bevezetés

A ma általánosnak nevezhető az, hogy a *nagyteljesítményű forgácsoló megmunkálások* során a szerszám hűtésének-kenésének biztosítása céljából különféle *emulziókat* alkalmaznak. Újabb – elsősorban környezetvédelmi okokra visszavezethető követelmények felvetik a *hűtő-kenő folyadék nélküli megmunkálási mód* szükségességét.

A kenőanyagmentes megmunkálás érvei és ellenérvei:

Érvek:

A *szárasmegmunkálásra* egy oldalról a törvényhozás környezetvédelmi törekvéseiben tapasztalt fejlődés (szigorú környezetvédelmi-ártalmatlanítási előírások), másrésztől azonban a hűtőanyagok és a hulladékforgács eltávolítás költségnövekedése szempontjából lehet szükségünk. Ehhez járult még az *új vágóanyagok*, mint például a *forgácsoló-kerámiák* és a *bevonatok fejlesztésében elért haladás*.

Ellenérvek:

A jelenleg általánosan alkalmazott hűtő-kenőfolyadék elmaradása miatt *csökken a termelékenység és általában a minőségben is romlás áll be*. Ezen kívül *megnő a megmunkálási idő, ezáltal csökken az éltartam*. A forgácsolási folyamat megbízhatósági tényezőjét is a *hűtőcsatornás fűrőkkal* tarthatjuk legjobban a kezünkben.

A hűtőanyag-mentes forgácsolás lehetséges előnyei:

- *Környezetbarát, nincs levegőszennyezés, vízszennyezés, nincs iszapszerű köszörű- és forgács hulladék. Ezáltal csökken a tisztítás és eltávolítás költsége, a forgács pedig tisztítás nélkül, közvetlenül újrahasznosítható;*
- *Egészségbarát, nincs bőrbetegség, és allergia a kiszolgáló személyzetnél;*
- *A hűtőanyag és annak ártalmatlanítási költségeinek elmaradásával végső soron csökkennek a termelési költségek;*

Szárazon való forgácsoláskor a forgácsot közvetlenül vissza tudjuk vezetni az újrafelhasználási folyamatba. *A nedves forgács semlegesítése ezzel szemben magas költségeket okoz. Még magasabb a felhasznált hűtő-kenőfolyadék semlegesítési költségei.* A semlegesítési költségek a 11%-át teszik ki a hűtő-kenőanyag beszerzési költségének. Saját lebontó-egység nélkül a semlegesítési költségek közel 45-szörösével emelkednek.

Általában megállapítható, hogy a 16% hűtőanyag-költséggel szemben 4% szerszámköltség áll.[1] Ebből látszik, hogy a szerszámköltség csökkentése kevesebbet hoz, mint a hűtőanyag-költség csökkentése. Ha például a hűtőanyag-mentes megmunkálás bevezetése az összes megmunkálási esetnek csak a 20%-ában történne meg egy másik vállalatnál a szerszámköltségek aránya az összköltségen belül 4%-ról 6%-ra növekedne a termelési költségek mégis összességében 2%-kal csökkennének.

Eltérések a hagyományos és szárazmegmunkáló gépek, szerszámok között

- *A forgácsszállítás eltérőségének (minőség, alak eltérősége miatt) figyelembevétele, adott esetben ferde ágyelrendezés alkalmazása;*
- *Csökkenő a gépélettartam a hűtőanyag, mint tisztító és kenőelem kimaradása miatt;*
- *Hőmérsékleti hatások;*

- A hűtőanyag-ellátó egység elmaradása miatt *a konstruktor több hellyel és tervezési szabadsággal rendelkezik;*

A szárazmegmunkálás számára kifejlesztett új vágóanyagoknál a *hőkeménységi tényező* különleges jelentőségű. Mert minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a keménységvesztés. Ez ellen hat a *szerszámbevonat*. Ez szigetelőréteget képez a munkadarab és a szerszám között, miáltal a hő legnagyobbbrészt a forgácsban marad és nem a szerszám vezeti le. *A bevonatok jó szigetelő tulajdonsággal bírnak.*

Hagyományos szerszámgépek átépítése-átalakítása szárazmegmunkálásra

A már alkalmazásban levő, *selejtezésre még „nem érett“*, adott esetben nagyon nagy értékű szerszámgépek esetében felmerülhet az igény a *gép átalakítására*. Az ilyen gépek tervezésénél-gyártásánál a fenti szempontokat természetesen még nem vették figyelembe.

Mivel az átépítés maga meglehetősen költséges lehet, ezért azt egy előzetes vizsgálatnak kell megelőznie [1]. *A vizsgálat során fel kell mérni, hogy*

- *műszakilag megvalósítható-e* a gép átállítása;
- ez milyen költségekkel történhet meg;
- mennyire lehet gazdaságos az átépítés illetve az átalakított gép használata, figyelembe véve annak tervezett élettartamát.

A gazdaságosság szempontjából meghatározó a várható költségcsökkenés és költségnövekedés a szárazmegmunkálás bevezetése után:

Költségcsökkentő tényezők:

- emulzió elmaradása (a felhasznált mennyiségtől függ);
- a hűtő-kenő-folyadék-ellátó rendszer elmaradása;
- az ártalmatlanítás költségének elmaradása.

Költségnövelő tényezők:

- szerszámköltség: kb. *2%-al nő;*
- szerszámélettartam csökken → több szerszámcsere → több gépleállítás → **nő az állási veszteség;**
- *gépátépítés költsége* (géptől függően széles határok között mozoghat);
- meg kell oldani az eredetitől eltérő módon való forgácseltávolítást.

Szárazmegmunkálásnál való forgácseltávolítás:

Lehetőségek:

- *vákumos eltávolítással („elszívás“)* – kemény forgácsok esetén nem gazdaságos az áramlási csatornák nagy (koptató) igénybevétele miatt [1];
- *sűrített levegő befúvásával valamint alulra helyezett konténerrel.*

Mindkét esetben a gépet jól kell szigetelni, a forgács ill. por kijutásának megakadályozása miatt.

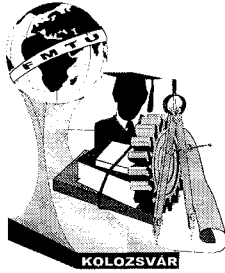
Összefoglalás

[1] vizsgálatai egy konkrét célgép felmérése során kimutatták, hogy az átalakítás, jóllehet bizonyos költségek (ártalmatlanítás) teljes elmaradása miatt kedvezőnek tűnhet, azonban műszaki nehézségek illetve a részletes költséganalízis miatt nem mindig célszerű. Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy a jövőben –elsősorban a szerszámgépek és forgácsoló-anyagok új generációinak megjelenésével- a száraz megmunkálási mód mindinkább tért fog hódítani.

Irodalomjegyzék

Polák Helga: TDK dolgozat (Becker megmunkáló-központ átépíthetőségének lehetősége) 1997.

Polák Helga/egyetemi hallgató
Miskolci Egyetem/Miskolc-Egyetemváros
Tel:46-365111(1029)/Fax: 46-367828



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

CAUI(Computer Aided Ultrasonic Inspections) alkalmazása valós fém szerkezetek minősítése

Hegedűs Csaba

Summary

With the growing magnitude of ultrasonic inspections and with the computer aid of the newest appliances opens a new dimension for improving the classical methods of the inspections. With the help of above featured inspection method, tight or complex examinations can be solved in an easy and well documented way. The accuracy of the inspections can be very high (micron order) and if we use an appropriate surface model the results can be used directly and satisfies that significant condition that we can work not with theoretical but real metal structures.

Az ultrahang felhasználási területei

Az ultrahangokat a mérnöki gyakorlatban **2 alapvető területen** használják: [1], [2], [3]

- 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: [1], [2]

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

Az itt feldolgozott fém szerkezetek vizsgálatára alkalmas rendszer a nagy pontosságú anyagvastagság-mérés lehetőségét használja ki.

CAUI fogalma, felhasználási lehetősége

A CAUI (*Computer Aided Ultrasonic Inspections*) az ultrahangos anyagvizsgálatok számítógéppel támogatott rendszere. Ezen rendszer **legfontosabb előnyei:** [1], [2]

- **dokumentáció és adatgyűjtés összekapcsolása**
- nagymértékben **csökkenthető a vizsgálatot végző személy terhelése**
- **bonyolult, nagyméretű, vagy inhomogén vizsgálati testekre is alkalmazható**
- a rendszer egy hordozható számítógép segítségével **akár üzemi körülmények között is felhasználható**

Fémszerkezetek vizsgálatának problémaköre

Fémszerkezetek ellenőrzésére, a fontosabb tartóelemek vizsgálatára már széles körben alkalmazott módszer az **ultrahangos anyagvastagság-mérés**, valamint az **ultrahangos repedés- és belső anyaghiba analízis**. [3], [4], [5], [6], [7], [8] Ezen vizsgálatok azonban - *elsősorban az anyagvastagság-mérések esetén* - általában csak egyfajta becslést tudnak adni, a szerkezetben az ideálistól való eltérés mértékéről. **A szerkezet egzakt szilárdsági ellenőrzése nehezen megvalósítható.** Ugyanakkor egy ilyen ellenőrzésnek éppen az lenne a célja, hogy **egyszerű** formában és **egzakt módon** tudjunk választ adni a szerkezettel kapcsolatos **mechanikai tulajdonságokkal** kapcsolatos kérdésekre.

Ilyen problémakörök az alábbiak:

- A tervezőrendszerrel megtervezett és méretezett **szerkezet** a valóságban már nem pontosan azokkal a dimenziókkal, **nem pontosan azokkal a vastagságértékekkel rendelkezik, mint ahogyan azt mi megadtuk**
- A **fémszerkezet korrodált**. Jelentősen eltérő mértékben módosultak a lemezek vastagságai.
- A **fémszerkezet megrongálódott**, ami a lemezek vastagságát is érinti
Hogyan tudnánk a valós szerkezetet prezentálni a tervezőrendszerünkben, hogy azután a valós szerkezet teherbírását megvizsgálhassuk?

CAUI alkalmazása a probléma megoldására

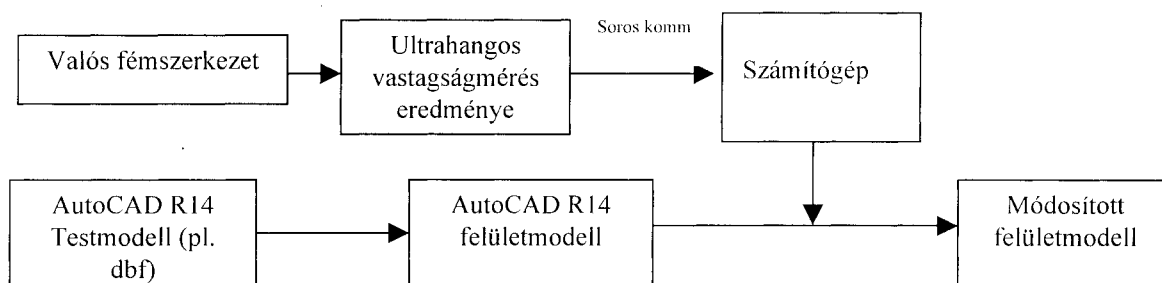
A megoldás a tervezéskor a fémszerkezetről készült műszaki rajz (3D-s tervezőrendszerrel készült rajz) alapján elkészíthető 3 dimenziós testmodell módosításával érhető el.

A továbbiakban a megoldást **AutoCAD R14**-es tervezőrendszerrel készült *3D-s rajzból* kiindulva **Krautkrämer USN52** típusú ultrahangos anyagvizsgáló berendezés alkalmazására szűkítem.

(Természetesen a későbbiekben említett formátumokkal rokon formátumok előállítására alkalmas tervezőrendszerek segítségével, valamint más - számítógépes kommunikációs képességgel rendelkező – ultrahangos vizsgálóberendezéssel is megoldható a feladat.)

A feladat megoldása az az ábrán szemléltetett módon történik.

Az **AutoCAD** segítségével képesek vagyunk előállítani egy **3D-s testmodellből** egy **háromszög-primitíveket alkalmazó felületmodellt** (normálissokkal kiegészített formátum), amely **bemeneti állománya lesz a vizsgálatunknak.**



Ezt a **háromszög-primitívekből álló felületmodellt** fogjuk módosítani a vizsgálatok eredményeinek függvényében. *(Fontos megjegyezni, hogy rendkívül lényeges kérdés, hogy a vizsgálatok megkezdése előtt a felületmodell primitívjeit azonosítsuk és összefüggő felületcsoportokba rendezzük őket, ugyanis ez nagyban megkönnyíti a feladatunkat.)*

Tehát a vizsgált pontban **megkapunk egy vastagságadatot**, s a testmodell adott ponthoz legközelebb eső háromszög-primitívjében **elvégezzük a méretek módosítását**. Az sem okoz gondot, ha nincs lehetőségünk a vizsgálatok elvégzése közben állandó számítógépes kapcsolaton keresztül mérni, ugyanis manapság már szinte minden ultrahangos berendezés rendelkezik tárolási lehetőséggel. Tehát elvégezzük a vastagmérést, eltároljuk az adatokat, majd később áttöltjük a számítógépre. *(Természetes, hogy ilyen esetben valamilyen jól definiált mérés pont-szisztémát kell alkalmaznunk.)*

A végeredményként megkapott **felületmodell** már **alkalmas** (esetleges további formátum-konverziók

után) szilárdsági, de dinamikai és más jellegű ellenőrzésre is.

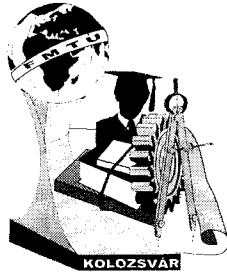
Összegzés

Az ultrahangos anyagvizsgálatok jelentőségének növekedésével és az újabb berendezések fejlett számítógépes támogatásával lehetőség nyílik a vizsgálatok klasszikus módszereinek fejlesztésére. Az itt felvázolt vizsgálati módszer segítségével eddig nehezen kezelhető, vagy bonyolultsága miatt kezelhetetlen szerkezetvizsgálatokat végezhetünk el egyszerűen és jól dokumentálható módon. A vizsgálatok pontossága rendkívül nagy lehet (ezredmilliméter nagyságrendű) és ha megfelelő felületmodellt alkalmazunk, akkor az eredmények közvetlenül felhasználhatók lesznek és teljesül az a rendkívül fontos feltétel, hogy nem elméleti, hanem valós szerkezettel tudunk dolgozni.

Irodalomjegyzék

- [1] Hegedűs Csaba: Final project 1997. (Computer Aided Ultrasonic Inspections)
- [2] Hegedűs Csaba-Gömze A. László: Számítógéppel segített ultrahangos anyagvizsgálatok Microcad 1998. Konferencia, Szilikátipari technológiák szekció kiadványa, Miskolc, 1998
- [3] Theodor F Hueter - Richard H. Bolt: Sonics
Techniques for the use of sound and ultrasound in engineering and science.
Massechusets Institute of Technology
- [4] A.P.Craknell: Ultrasonidos
1983. Madrid
- [5] John William Strutt-Baron Rayleigh: The theory of sound
- [6] E.G. Richardson: Ultrasonic Physics
Elisevier publishing, London
- [7] Robert T. Beyer-DStephen V. Letcher: Physical ultrasonics.
Academic Press New York and London
- [8] Cyril M. Harris: Handbook of acoustical measurment and noise controll
Columbia University. 1991.

Hegedűs Csaba/doktorandusz
Miskolci Egyetem Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék/Miskolc-Egyetemváros
Tel:46-365111(1029)/Fax: 46-367828



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Mobil robotos palettázó és osztályozó rendszer tervezése heurisztikus-evolúciós optimumkereső algoritmussal

Prof.Dr.Cselényi József - Bányai Tamás

Summary

This paper describes some important aspects of design an automated system for making unity of stack served by mobile robots. We will briefly summarise the modules of the design method for determining the optimum parameters of the systems in the case of deterministic parameters and stationary operation. This paper introduces a possible heuristic optimisation method based on evolution strategies for the specification of the parameters of the system.

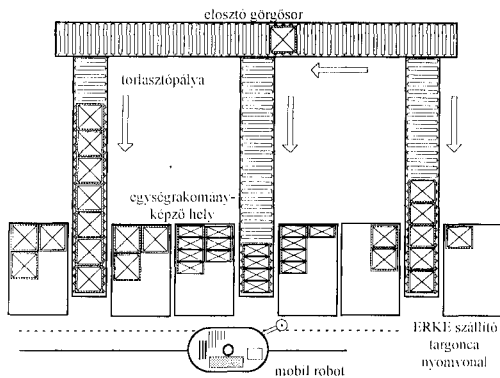
Bevezetés

Az anyagmozgatás fejlődésének sokáig meghatározója volt az, hogy a különböző mozgató tevékenységek ellátására alkalmas eszközöket hozzanak létre. Ez a helyzet a futószalagos termelés, a taylori munkaszervezés megjelenésével megváltozott, ugyanis a gépkonstrukciók tervezése mellett növekvő szerepet kapott az anyagmozgatási folyamatok tervezése is. A gyártástechnika, a gyártásszervezés és az anyagmozgatás között egyre szorosabb kapcsolat jött létre, mely az anyagmozgatás fejlődésének fontos tényezőjévé vált. A technológia, a gyártási folyamat, az egyes technológiai helyeken folyó tevékenységek, gyártási részfolyamatok, műveletek kapcsolatának, összehangolt megoldásának és integrációjának két fontos eszköze az anyagáramlás és a hozzá kapcsolódó információáramlás, melyek együttesen a logisztika két alapvető elemét alkotják. Az integráció a rendszerek tervezésének olyan problémáit vetette fel (beszállítás, termelésütemezés, készletezés, kiszállítás), melyek nagyrésze hagyományos matematikai eszközökkel, analitikus módszerekkel nem megoldható. A dolgozat egy mobil robotokkal kiszolgálható egységgrakományképző és osztályozó rendszer [1] optimális rendszerparamétereinek evolúciós stratégiákon alapuló heurisztikus optimumkereső algoritmussal történő meghatározásán keresztül mutatja be a heurisztikus módszerek alkalmazhatóságát.

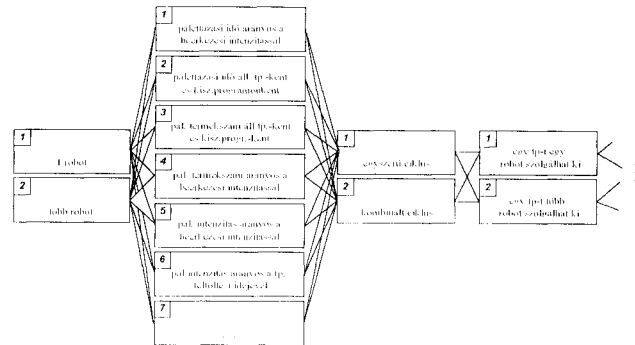
A modell

A mobil robotos egységgrakományképző és osztályozó rendszerek (1.ábra) kialakítása során egy fontos feladat a főbb rendszerelemek optimális paramétereinek (mobil robot anyagkezelő egység maximális

palettázási intenzitás, mobil robot szállítóegység maximális sebesség, torlasztópályahossz) és élettartamainak megválasztása.



1. ábra: Egyrobotos egység-akománypépző és osztályozó rendszer modellje



2. ábra: Lehetséges kiszolgálási stratégiák leképzésének struktúrája

A tervezési modellben adottnak tekintetem a termékek beérkezési intenzitását és méretét minden egyes kiszolgálási programban. Egy kiszolgálási programon belül a termékek típusa és beérkezési intenzitása állandó. A mobil robotok feladata egység-akománypépzés a torlasztópályákon feltorlasztott termékekből a torlasztópálya mellett elhelyezkedő egység-akománypépző helyeken. Feltétel, hogy az egység-akománypépző eszközök kapacitásának nagysága nem befolyásolja a mobil robot tevékenységét.

A tervezési algoritmus

A tervezési algoritmus hat lényeges lépésből áll. Az első tervezési lépés a *határesetvizsgálat*. A határesetvizsgálat célja a kiválasztott, kevés számú bemenő adat ismeretében annak az eldöntése, hogy mely torlasztópályák vizsgálata szükséges a mobil robotos rendszer tervezésekor, és melyek azok a torlasztópályák, melyeknél fix robot alkalmazása szükséges. A második tervezési lépés a *lehetséges kiszolgálási stratégiák feltárása* (2. ábra). A harmadik tervezési lépés a *rendszerparaméterek közötti kapcsolatok* meghatározása. Ezen tervezési lépés célja a stratégia-struktúrából lezármaztatható stratégiák esetében a rendszerparaméterek közötti kapcsolatok definiálása. A negyedik tervezési lépés a különböző rendszerparaméterekkel rendelkező rendszerek értékelésére szolgáló *célfüggvények és korlátozások* meghatározása. Az optimalizálás során két különböző esetét vizsgálom a célfüggvényeknek, a *beruházási költség* minimalizálását, valamint a vizsgálati időszakra vetített *üzemeltetési költség* (működtetési és amortizációs költség összege) minimalizálását.

Az ötödik tervezési lépés a *célfüggvények érzékenységvizsgálata*. Az optimalizálás előtt érzékenységi vizsgálatok végezhetők el a költségfüggvényekkel és általános érvényű következtetések vonhatók le a problémára vonatkozóan. A hatodik tervezési lépés az *optimalizálási algoritmus* kidolgozása. A dolgozat következő fejezetében ezen tervezési lépés jellegzetességei kerülnek bemutatásra.

Optimalizálás evolúciós stratégiák alapján

Az evolúcióelméletnek alapvetően két olyan modellterülete alakult ki, amely a számítógépes szimuláció és az optimalizálás területén különösen jól alkalmazható: az evolúciós stratégiák és a gene-

itikai algoritmusok. Az evolúciós stratégiák az evolúciónak egy olyan modelljére alapulnak, melyet a hetvenes években Ingo Rechenberg fejlesztett ki a Berlieni Műszaki Egyetemen [2, 3]. Az evolúciós stratégiák egy olyan heurisztikus optimalizálási algoritmust képeznek, melyben az optimalizálási probléma célfüggvényének értékét meghatározó paraméterek egy valós számokból álló vektorban vannak lekódolva. Ezen valós vektor értékei az algoritmus során megváltoznak az úgynevezett evolúciós operátoroknak (duplikáció, kiválasztódás, mutáció, keresztezés) hatására. Az evolúciós stratégiáknak igen sok változata terjedt el, melyeket az egyedek száma, a populációk száma, a szülők száma, az evolúciós operátorok jellege és egyéb tényezők alapján a következő főbb csoportokba sorolhatunk.

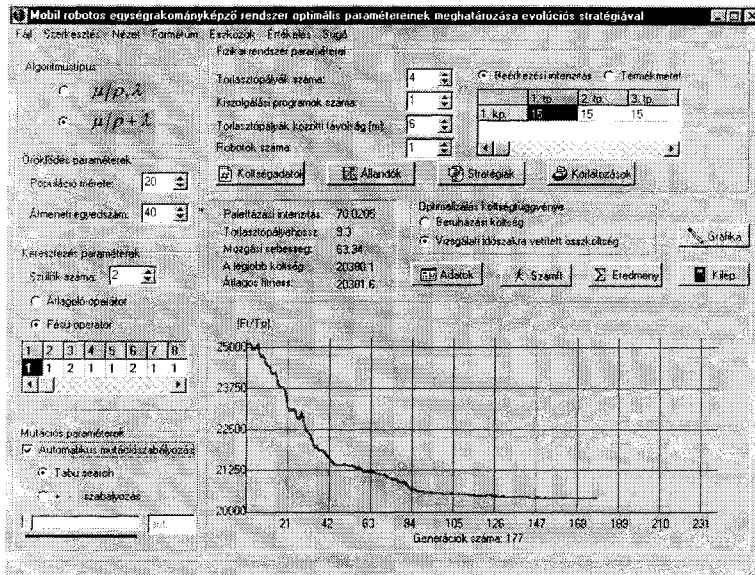
Az optimális rendszerparaméterek meghatározása során egy populációs evolúciós algoritmust használtam fel. A heurisztikus algoritmus használatát indokolja a keresett ismeretlenek nagy száma, illetve a keresett paraméterek között fennálló bonyolult kapcsolatok. Az evolúciós elméleten alapuló optimalizáló eljárások esetében az evolúciós operátorok értékeinek megfelelő, problémaspecifikus meghatározása döntő jelentőségű abból a szempontból, hogy az algoritmus a célfüggvény mely értékét adja vissza mint optimumot. A vizsgált fizikai probléma szempontjából az öröklődés és keresztezés operátor esetében nem adódtak nehézségek, hiszen az evolúciós algoritmusok a genetikai algoritmusokkal ellentétben a mutációs operátorra fektetik a hangsúlyt. A mutációs operátor értéke nagymértékben befolyásolja az algoritmus „konvergenciasebességét”. Mivel a mutáció során az egyed egy génje módosul egy normál eloszlással adott értékkel, ezért ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az egyed az állapottérben egy az egyed középpontjával rendelkező csökkenő sűrűségű hipergömb valamely pontjába mozdul el.

A szimuláció során kis mutációs érték (nulla várható érték kis szórás) esetében az egyedek az állapottérben kismértékben ugráltak, ami azt vonta maga után következményként, hogy az algoritmus igen kis léptekkel haladt az optimumpont felé. Amennyiben a mutáció értéke nagyra lett választva, akkor az állapottérben nagy ugrásokat hajtottak végre az egyedek, azaz az állapottér nagy része át lett vizsgálva, azonban a megtalált „jó pontok” környezete nem lett felkutatva megfelelő mértékben, ugyanis az egyed amilyen hirtelen bekerült egy „jó pont” környezetébe olyan hirtelen távozott is (4.ábra). Ebből azt a következtetést lehetett levonni, hogy célszerű az algoritmus futtatása során a mutáció mértékét változtatni. Erre az algoritmust realizáló program (3.ábra) lehetőséget teremt mind a manuális szabályozás, mind az automatikus szabályozás formájában.

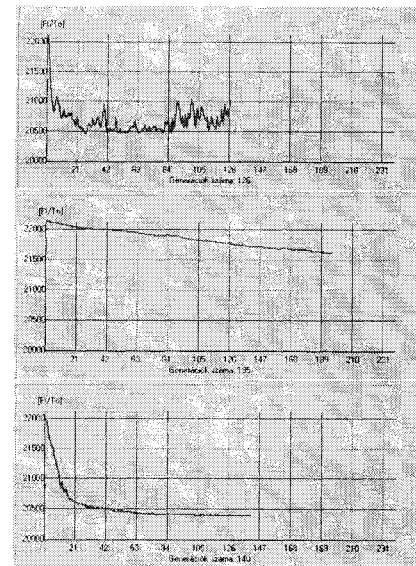
A mutáció manuális szabályozása során az a tapasztalat volt levonható, hogy a keresés elkezdésekor érdemes nagy értékű mutációt választani, hogy az algoritmus az állapottér minél nagyobb részét átkutathassa, majd ha az optimumpont közelében több egyed található, akkor a mutáció értékét fokozatosan csökkenteni lehet azért, hogy az optimumpont közelében lévő egyedek az optimumpont környezetét átkutathassák az optimumpont környezetében lévő legjobb pont megtalálása érdekében.

Az automatikus mutációsérték-szabályozás kétfajta algoritmust kínál fel: a **tabu search** módszernél használt mutációs szabályozást, mely során a mutáció értéke folyamatosan csökken, illetve a **lépésköz-**

szabályozó algoritmust, mely során a mutáció mértéke attól függően növekszik vagy csökken, hogy az eredeti egyedek hány százalékának a jósága javul a mutáció után. A számítógépes program futtatása során azt a következtetést lehetett levonni, hogy a tabu search módszerből átvett mutációs szabályozás megfelel az adott probléma esetében az optimális rendszerparaméterek megtalálásához, hiszen a lépésközt növelni és csökkenteni tudó algoritmus a tabu search módszerből átvett mutációs szabályozó algoritmushoz hasonlóan a program futása során a mutációs lépésközt folyamatosan csak csökkentette.



3.ábra: Az optimalizáló algoritmust megvalósító számítógépes program felhasználói felülete



4.ábra: Konvergencia a mutáció függvényében

A mobil robottal kiszolgált egységirakományképző és osztályozó rendszer optimális rendszerparamétereinek heurisztikus, evolúciós stratégiákon alapuló optimumkereső algoritlussal történő meghatározása céljából elkészített számítógépi program DELPHI PASCAL programfejlesztői környezetben készült. A program lehetőséget nyújt a vizsgálandó rendszer bemenő paramétereinek, az optimalizálás célfüggvényéül szolgáló költségfüggvény ismert paramétereinek, illetve az optimalizálás típusát befolyásoló evolúciós operátorok tulajdonságainak, valamint a korlátozásoknak a megválasztásához. Az elért eredmények az előadás keretében részletesen bemutatásra kerülnek.

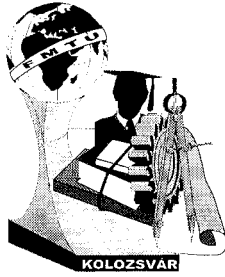
Irodalomjegyzék

- [1] Bányai T. - Cselényi J.: Modelling of stochastic part-ordering system served by mobile robots, Proceedings of the IAD 98 Conference, Ljubljana, 1998, p.101-106.
- [2] Mühlenbein, H. – Schomisch, M. – Born, J.: The parallel genetic algorithm as function optimizer, in: Parallel Computing, 1991/17
- [3] Schöneburg, E. – Heinzmann, F. – Feddersen, S.: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien (Eine Einführung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution), Addison-Wesley, 1994

Prof.Dr.Dr.h.c.mult.Cselényi József / Bányai 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, 1999. március 19-20.

Mobil robotos palettázó és osztályozó rendszer tervezéséhez használt költségfüggvények érzékenységvizsgálata

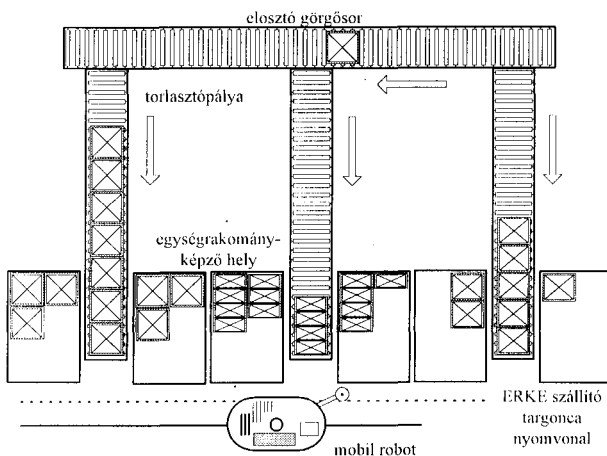
Prof.Dr.Cselényi József - Bányai Tamás

Summary

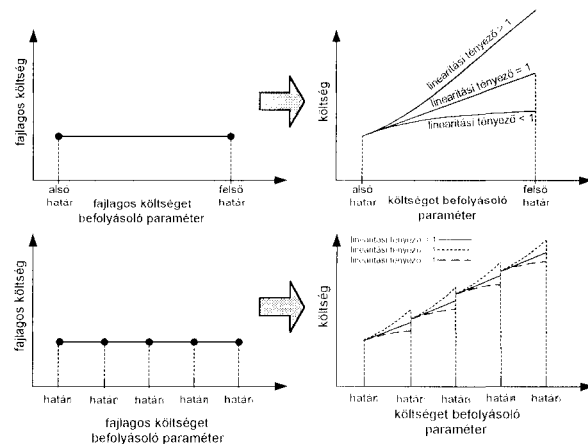
This paper describes the cost functions for the evaluation of an automated system served by mobile robots for making unity of stack. We will briefly summarise the results of the sensitivity analysis of the cost functions. The results of the sensitivity analysis are very important for the effective optimisation algorithm, because these results make it possible to simplify the optimisation algorithm and reduce the unknown parameters of the problem.

A modell

A mobil robotos egységtrakományképző és osztályozó rendszerek (1.ábra) kialakítása során egy fontos feladat a főbb rendszerelemek optimális paramétereinek (mobil robot anyagkezelő egység maximális palettázási intenzitás, mobil robot szállítóegység maximális sebesség, torlasztópályahossz) és élettartamainak megválasztása.



1.ábra: Egyrobotos egységtrakományképző és osztályozó rendszer modellje



2.ábra: A rendszerelemek fajlagos költségeinek típusai

A tervezési modellben adtnak tekintem a termékek beérkezési intenzitását és méretét minden egyes kiszolgálási programban. Egy kiszolgálási programon belül a termékek típusa és beérkezési intenzitása állandó. A mobil robotok feladata egységtrakományok képzése a torlasztópályákon feltorlasztott termékekből a torlasztópálya mellett elhelyezkedő egységtrakományképző helyeken. Feltétel, hogy az egységtrakományképző eszközök kapacitásának nagysága nem befolyásolja a mobil robot tevékenységét.

A költségfüggvények

A tervezés fontos lépése a tervezési módszer kiválasztása mellett a tervezési változatok összehasonlításául szolgáló eszközrendszer (költségek, természetes paraméterek) meghatározása. Az 1. ábrán bemutatott rendszer esetében költségfüggvények segítségével végeztem el az egyes rendszerváltozatok összehasonlítását. 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 végezhetőek 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 megítélhetőek 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. Természetesen nem csupán a költségfüggvények jelenthetnek kizárólagos megoldást, hiszen a természetes jellemzők alapján is elvégezhetőek az optimalizálási feladatok. Az optimalizálás során két különböző költségfüggvényt használtam célfüggvényként, a beruházási és az üzemeltetési költséget.

A beruházási költség megfelel a tőkeszegény helyzetben történő tervezés során felvetülő kérdésnek: hogyan lehet a legalacsonyabb költséggel az adott rendszert felépíteni úgy, hogy az üzemeltetési költségek nem kerülnek figyelembevételre. A beruházási költség függvénye az adott rendszer elem teljesítményének és élettartamának, mint ahogy azt a mobil robot rakodóegységének esetében az (1) összefüggés mutatja. Az össz. beruházási költség a mobil robot és a torlasztópályák beruházási költségeinek összege.

$${}^B K_{\text{rakodó}} = {}^B k_{\text{rakodó}} \cdot (\mu_{\text{max}}^{\text{opt.}})^{\alpha} + {}^B k_{\text{élet.}}^{\text{rakodó}} \cdot (N)^{\beta}, \quad (1)$$

ahol ${}^B k_{\text{rakodó}}$ a mobil robot rakodóegységének beruházási költsége egységnyi anyagkezelési intenzitás esetén, $\mu_{\text{max}}^{\text{opt.}}$ az optimalizálás során kiadódott legnagyobb szükséges palettázási intenzitás, ${}^B k_{\text{élet.}}^{\text{rakodó}}$ a mobil robot rakodóegységének beruházási költségét növelő költség egységnyi élettartam esetén, N a mobil robot anyagkezelő egységének élettartama, α és β a költségfüggvény linearitástól való eltérését kifejező kitevő.

Az üzemeltetési költség a vizsgálati időszakra vetített **működtetési költség**, illetve az ugyanezen vizsgálati időpontra vetített **amortizációs költség** összege. A működtetési költség függvénye a rendszer elem működési teljesítményének (például a mobil robot rakodóegység vizsgálati időintervallumra vetített átlagos palettázási intenzitásának), valamint a rendszer elem karbantartási költségeit figyelembe vevő, a rendszer elem élettartamával fordítottan arányos tényezővel, mint ahogy azt a mobil robot anyagkezelő egysége esetében a (2) összefüggés mutatja. Az össz. üzemeltetési költség a mobil robot és a torlasztópályák üzemeltetési és amortizációs költségeinek összege.

$${}^M K_{T_0}^{\text{rakodó}} = T_0 \cdot \mu \cdot {}^M k_{\text{rakodó}} \cdot c_{\text{karb.}}^{\text{rakodó}} \quad (2)$$

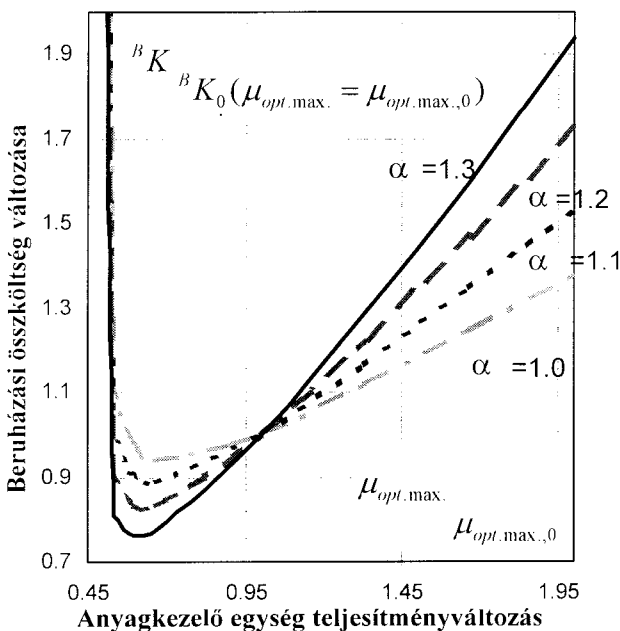
ahol μ a palettázási intenzitás kiszolgálási programok gyakorisága és a torlasztópályánként palettázott termékek száma alapján számított átlaga, $c_{karb.}^{rakodó}$ a mobil robot rakodóegységének karbantartási költségeit figyelembevevő tényező, $M k^{rakodó}$ a mobil robot rakodóegységének működtetési költsége egy palettázott termék esetén egységnyi palettázási intenzitásnál, T_0 vizsgálati időintervallum.

A költségfüggvények meghatározásakor $\alpha, \beta, \chi, \delta, \phi, \varphi, \gamma, \eta$ tényezőket lehetséges figyelembe venni, melyek a költségfüggvénykomponensek linearitástól való eltérését mutatják. Ezen tényezők bevezetése miatt a fajlagos költségek két fajtája képzelhető el (2.ábra):

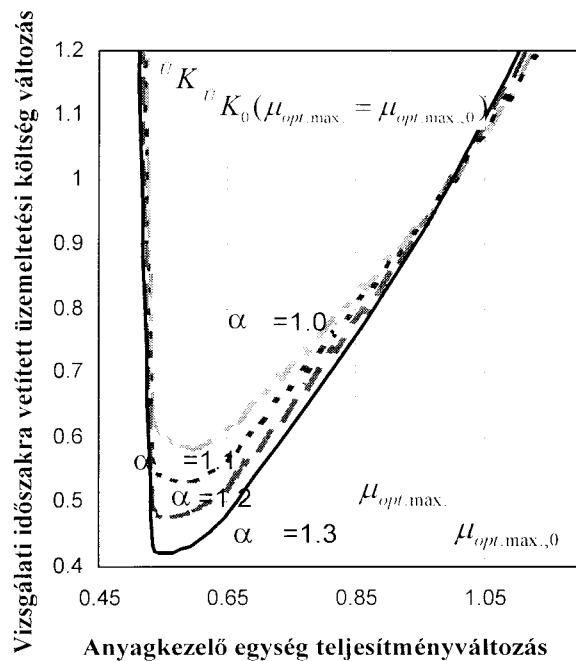
- Fajlagos függvény a teljes vizsgálati intervallumon állandó: ekkor a fajlagos költséghez tartozó költségkomponens linearitástól való eltérését befolyásoló tényező definiálja, hogy a fajlagos költség és az abból levezethető tényleges költség között lineáris, degresszív vagy progresszív kapcsolat áll fenn.
- Fajlagos költség szakaszonként állandó: ekkor nem csupán a fajlagos költséghez tartozó költségkomponens linearitástól való eltérését befolyásoló tényező definiálja a fajlagos költség és az abból levezethető tényleges költség között kapcsolat jellegét.

Érzékenységvizsgálat

A költségfüggvények érzékenységvizsgálatát több paraméter esetében elvégeztük. A dolgozatban egyetlen példa kerül bemutatásra a mobil robot anyagkezelő egysége esetében. A mobil robot anyagkezelő egység palettázási intenzitásának költségfüggvényekre gyakorolt hatásáról a következő következtetések vonhatóak le (3-4.ábra): Amennyiben minden paraméter egy rögzített értéket vesz fel, és egyedül a mobil robot palettázási intenzitása változik, akkor ezen változás még magával vonja a torlasztópálya hosszának változását, azaz az összköltségváltozás mértékén a mobil robot szállítóegység sebességéből eredő beruházási költség nem módosít.



3.ábra: Beruházási összköltség a palettázási intenzitás változásának és az α függvényében



4.ábra: Vizsgálati időszakra vetített költség a palettázási intenzitás változásának és az α függvényében

Mivel a mobil robot anyagkezelő egységének és a torlasztópályának az élettartama is állandó, ezért az összköltség változását az sem befolyásolja, azaz a két beruházási költségből a szélsőérték helyének meghatározása során elhagyható az élettartamokból eredő költségtag. Ahogy az a 3. és 4. ábrán is látható, a mobil robot szállítósebességének növekedéséből eredő mobil robot szállítóegység beruházási költség növekedés egy bizonyos pontig kisebb, mint az ennek következményeként lecsökkent torlasztópályahosszból eredő torlasztópálya beruházási költség. Egy ponton túl ezen költségek aránya megváltozik, azaz nem érdemes a mobil robot palettázási intenzitását minden határon túl növelni. A 3. és 4. ábrából még az a következtetés is levonható, hogy a mobil robot palettázási intenzitása egy bizonyos érték alá nem csökkenthető, hiszen akkor a palettázási feladat nem hajtható végre a megfogalmazott kiszolgálási stratégiával.

Hasonlóan a 3-4. ábrán bemutatotthoz, mind a mobil robot, mind a torlasztópálya esetében elvégezhetőek az érzékenységvizsgálatok a rendszerelemek teljesítményének és élettartamának, mint meghatározandó paramétereknek, valamint a fajlagos költségeknek a függvényében.

Összefoglalás

Összefoglalva az a megállapítás tehető, hogy az élettartamok értékeit nem célszerű az optimális rendszerparaméterek meghatározása során tetszőlegesen változtatni, hanem azok optimális (költségminimumot biztosító) értéke az összes rendszerparaméter ismeretében meghatározható, így az optimalizálás algoritmusai egyszerűsíthető. A mobil robot szállítóegység mozgási sebességének és a mobil robot anyagkezelő egység palettázási sebességének vizsgálata alapján az a következtetés vonható le, hogy ugyan minden egyes paraméter esetében analitikusan meghatározható az optimális érték, mely első közelítésben egy Pareto-optimumot biztosító megoldás, azonban mivel az egyes paraméterek nem függetlenek egymástól, ezért az első közelítésben Pareto optimumnak tűnő megoldás lehet, hogy nem is megoldása a problémának. A további paraméterek (fajlagos költségek, termékek beérkezési intenzitása, torlasztópályák távolsága) költségfüggvényre gyakorolt hatását célszerű az optimalizálás után, az optimális rendszerparaméterek alapján meghatározott optimális rendszer esetében megvizsgálni.

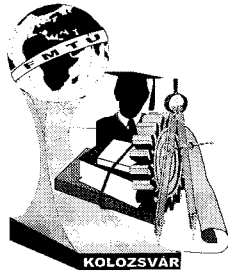
Irodalomjegyzék

- [1] Bányai T. - Cselényi J.: Some models for a mobile robot system for making unity of stack, Proceedings of the 6th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, University of Cassino, Cassino, 1997, p.341-346.
- [2] Evans J.R.: Applied Production and Operations Management, West Publishing Company, Minneapolis, 1993
- [3] Großeschallau W.: Materialflußrechnung, Springer Verlag, Berlin, 1984

Prof.Dr.Dr.h.c.mult.Cselényi József / Bányai 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, 1999. március 19-20.

“PERCRE KÉSZ” beszállítási rendszer tervezési koncepciója

Prof. Dr. Dr.h.c. mult. Cselényi József – Bányainé Tóth Ágota

Summary

The ever increasing market competition forces the companies to produce small volume of stock and short deadline for delivery. The JIT production concept gives effective support for these aims. JIT basically means a new strategy of production and logistics which brings about the increase in efficiency avoiding the increase of time and cost. This paper investigates the „Just-in-Time” purchasing system that is widely used in the machine industry. The optimal structure of the purchasing system is a key element for the success of the companies.

A vállalatok a piaci versenyképességük megőrzése illetve növelése érdekében a készletek és az átfutási idők csökkentésére és ugyanakkor a vevők igényeinek rugalmas kielégítésére törekszenek. Mindezt csak akkor tudják megvalósítani, ha termelésüket a vevők igényeihez igazodóan irányítják és a termeléshez csak annyi anyagot, alkatrészt szereznek be, amennyi feltétlenül szükséges, azaz az anyagellátás a JIT-elv szerint történik.

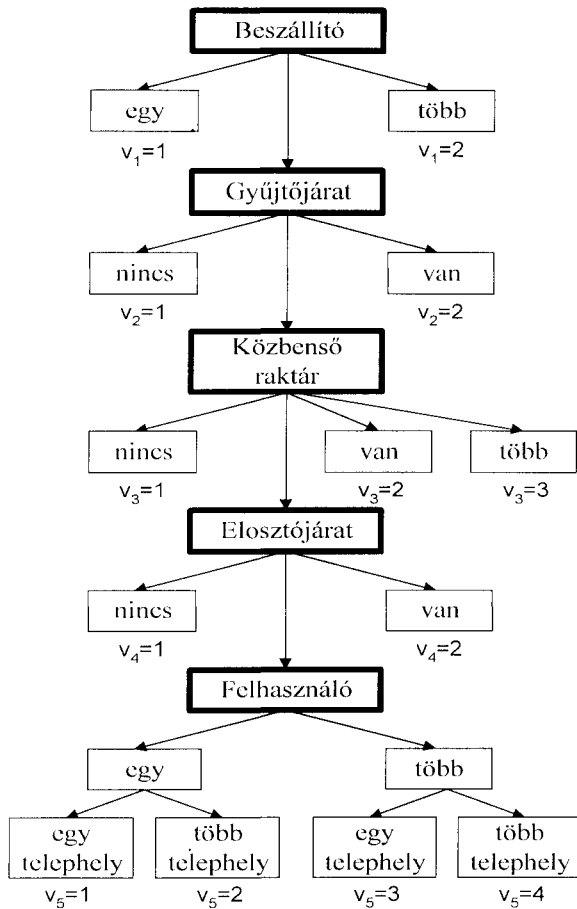
A dolgozat a “percre kész” beszállítási rendszer tervezése során alkalmazható módszert mutatja be. A „percre kész” beszállítási rendszerek alapvetően két nagy csoportba oszthatók, megkülönböztetünk egyszintű és többszintű beszállítási rendszert. Az egyszintű beszállítási rendszer esetén az alapanyag illetve alkatrész a beszállítóktól közvetlenül jut el a felhasználókhöz. Ezzel szemben többszintű beszállítási rendszer esetén az igényelt anyag a beszállítóktól először egy vagy több közbenső raktárba kerül beszállításra és innen történik a felhasználók „percre kész” ellátása.

A „percre kész” beszállítási rendszer struktúráját az 1. ábra szemlélteti, mely gráf alkalmas az egyes beszállítási rendszerváltozatok leszármaztatására.

Amikor egy vállalat ki akar alakítani egy „percre kész” beszállítási rendszert, akkor egy fontos feladatként jelentkezik az összes változat közül a számára optimális kiválasztása. Ez a feladat úgy oldható meg, hogy az egyes változatokat összehasonlító elemzésnek vetik alá.

Az optimális változat meghatározásának algoritmusai:

1. lépés: A bemenő adatok ismeretében a meg nem valósítható változatok kizárása. (Szűrés)
2. lépés: A fennmaradó lehetséges változatok mindegyikére az optimális megoldás meghatározása.
3. lépés: Az egyes változatok optimális megoldásának összehasonlítása, a legjobb kiválasztása.



1. ábra

A szűrés során a bemenő adatok ismeretében a változatok száma jelentősen csökkenthető. További változatszám csökkentés akkor lehetséges, ha a feladat megfogalmazása során speciális feltételeket rögzítenek, melyeknek nem csak gyártástechnológiai, hanem gazdasági oka is lehet.

Gyűjtő- és elosztó járatok alkalmazása akkor célszerű, ha az összevonandó termékek esetén a beszállítási ütemidő közel azonos és a gyűjtő- illetve elosztó járatok révén a szállítójárművek kihasználtsága jelentősen növelhető. A gyűjtő- és elosztó járatok előnye, hogy megfelelő alkalmazásuk esetén a készlet szint és ezáltal a tárolási költség valamint a szállítási költség jelentősen csökkenthető.

Ha a felhasználók és a beszállítók térben nagyon távol helyezkednek el egymástól, akkor célszerű egy vagy több a felhasználók közelébe épített közbenső raktárból biztosítani a felhasználók „percre kész” ellátását.

A következőkben matematikai módszert mutatunk be arra vonatkozóan, hogyan lehet megadni olyan határeseteket, melyek révén bizonyos rendszerváltozatok egyértelműen kizárhatók illetve bizonyos változatok megvalósítása feltétlenül szükségessé válik. Elsőként olyan esetet adunk meg, amikor a gyűjtő járatok vagy azok nélkül való beszállítások kérdése a felmerülő költségviszonyok alapján eldönthető.

A tárolási, a szállítási valamint a beszerzési költségek ismeretében felírható az a küszöbérték, melynek segítségével egyértelműen megadható az a határ, amikor nem célszerű gyűjtő járatot alkalmazni.

$$\max_i \left\{ \frac{KT_j}{KS_j + \Delta KB_j} \right\} \leq \varepsilon \tag{1}$$

KT_j - a tárolási költség a j-edik típusú szállítójármű alkalmazása esetén,

KS_j - a szállítási költség a j-edik típusú szállítójármű alkalmazása esetén,

ΔKB_j - a beszerzési költségek különbsége a j-edik típusú szállítójármű alkalmazása esetén.

A képlet segítségével az egyes költségek ismeretében minden egyes szállítójármű esetén meghatározható a hányados értéke.

Ha ezen értékek közül a legnagyobb a felhasználó által megadott ε értéknél ($\varepsilon=0.1-0.2$) nem nagyobb, akkor nem célszerű gyűjtő járatot alkalmazni.

Az (1) összefüggés lényegében azt fogalmazza meg, hogy azért szükségtelen gyűjtőjáratok alkalmazása, mert a teljes járatkapacitásnak megfelelő beszállított mennyiség esetén alacsony tárolási költség adódik. Így indokolatlan a többlet szállítási és beszerzési költséggel járó gyűjtőjáratok kialakítása. Hasonló gondolatmenettel határozható meg az is, hogy mikor szükséges gyűjtőjáratot alkalmazni.

A következőkben a közbenső raktár határesetét vizsgáljuk. Abban az esetben, ha egyetlen beszállító lát el egyetlen felhasználót, akkor a közbenső raktár szükségességének és kizárásának kérdését a következő módszerrel kell vizsgálni. Az alkalmazott gondolatmenet lényege, hogy amennyiben a beszállítások ütemezése megvalósítható úgy, hogy a beszállítási ütemidő ne lépjen túl egy a felhasználó számára optimális értéket, akkor a beszállítás megoldható közbenső raktár nélkül.

Elsőként minden egyes alapanyagra meg kell határozni a beszállítási ütemidő alsó korlátját, amely a legkisebb szállítási költséget eredményező szállítójármű kapacitásának ($c_{0,i}$) és az i -edik alapanyagból a felhasználóhoz egy napra átlagosan beszállítandó mennyiségnek (\bar{q}_i) a hányadosa:

$$\tau_{iA} = \frac{c_{0,i}}{q_i} \quad (2)$$

A t_{0i} optimális beszállítási ütemidőt minden egyes alapanyagra vonatkozóan ismertnek tekintem, meghatározását a felhasználó végzi el. Miután rendelkezésre áll alapanyagoként az optimális szállítási ütemidő és a beszállítási ütemidő alsó korlátja, a következő lépés e két érték összehasonlítása.

Ha $\frac{\tau_{iA}}{t_{0i}} < \varepsilon$, ahol ε a felhasználó által megadott érték ($\varepsilon=1,1-1,4$) és ez a feltétel az alapanyagok összértékének mintegy 80%-ára érvényes, akkor nincs szükség közbenső raktár alkalmazására.

A közbenső raktár szükségességének meghatározásához, szükség van a beszállítási ütemidő felső korlátjára:

$$\tau_{iF} = \frac{c_{0F}}{q_i}, \quad (3)$$

ahol c_{0F} a legnagyobb szállítási költséget eredményező szállítójármű kapacitása. Ha $\frac{\tau_{iF}}{t_{0i}} > \kappa$, ahol κ a felhasználó által megadott érték ($\kappa=3-5$) és ez a feltétel az alapanyagok összértékének mintegy 20%-ára érvényes, akkor szükség van közbenső raktár alkalmazására.

Abban az esetben, ha lehetőség van az egyes alapanyagok összevont beszállítására, akkor a határeset vizsgálatnál alkalmazott hányadosokat nem egy alapanyagra, hanem az összevonható alapanyagokból képzett termékcsoportokra kell felírni.

Az ismertetett módszerek segítségével meghatározhatók azok a határesetek, amikor nincs szükség közbenső raktárra. Abban az esetben, ha az ismertetett feltételek segítségével nem igazolható, hogy közbenső raktár nélkül megoldható a felhasználók anyagellátása, akkor külön vizsgálatot kell elvégezni arra vonatkozóan, hogy feltétlenül szükség van-e közbenső raktárra.

A vizsgálat alapját az egyes beszállítási változatok esetén felmerülő költségek képezik. Közvetlen beszállítás esetén egy viszonylag nagy tárolási költséggel kell számolni a felhasználónál (KT_{F1}). Közbenső raktár alkalmazása esetén a felhasználónál jelentkező tárolási költség (KT_{F2}) nagyon kicsi, azonban nem szabad elfeledkezni a közbenső raktár létesítési költségéről (KL_R) és az ott jelentkező tárolási költségről (KT_R). Abban az esetben, ha a közbenső raktár létesítési költsége (KL_R) számottevő, akkor meg kell vizsgálni a közbenső raktár alkalmazásával jelentkező tárolási költség megtakarítás és a közbenső raktár létesítési költségének viszonyát. Ha

$$\frac{KT_{F1} - (KT_{F2} + KT_R)}{KL_R} > \varepsilon, \quad (4)$$

ahol ε egy a felhasználó által megadott egynél kisebb érték, akkor célszerű a többszintű beszállítási rendszer alkalmazása. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a közbenső raktár létesítése során jelentkező költségtöbblet olyan nagy, hogy gazdasági szempontokat figyelembe véve az egyszintű beszállítási rendszer alkalmazása célszerűbb.

A következő lépés lényege, hogy a fennmaradó lehetséges változatok mindegyike esetén ki kell alakítani az optimális beszállítási rendszert. Ez azt jelenti, hogy a bemenő rendszerparaméterek ismeretében meg kell határozni alapanyagoként az optimális beszállítót, a beszállítási ütemidőt és a beszállítandó mennyiséget.

Az utolsó lépésben az előállított optimális változatok közül a beszállítási rendszer működési paramétereinek figyelembe vételével kell a legjobb tervezési változatot kiválasztani. A döntés alapját képező célfüggvény egy költségfüggvény, amely a felhasználóhoz történő anyagok beszállítása során felmerülő szállítási, tárolási és beszerzési költségek összege:

$$K = KS + KT + KB \quad (5)$$

Ezen költségek ismeretében a célfüggvény minden egyes változatra meghatározható. Az optimális változat pedig az, amelynél a költségfüggvény a legkisebb értéket szolgáltatja. E módszer segítségével az optimális „percre kész” beszállítási rendszer meghatározható.

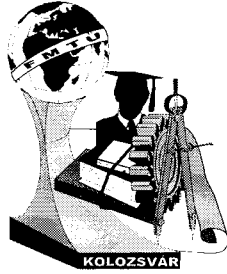
Irodalomjegyzék

- [1] **Cselényi J., Bányainé Tóth Á.:** A JIT beszállítási logisztikai rendszer struktúrája, változatmegválasztás módszere. Miskolci Beszélgetések'98, Miskolci Egyetem, 1998. szept. 3-4., Konferenciakiadvány I.kötete.
- [2] **Krampe, H., Lucke, H.-J.:** Einführung in die Logistik. Huss Verlag, München, 1990.
- [3] **Wildemann, H.:** Das Just-In-Time Konzept. TCW Transfer-Centrum GmbH, München, 1995.

Prof. Dr. Dr.h.c. mult. Cselényi József / Bányainé Tóth Ágota

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

Telefon:++36-46-565-111/1637, Fax: 36-46-367-828, E-mail: altagota@gold.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Mágneses hiszterézismodellek örvényáramszimulációban

Füzi János

Abstract – The classical Preisach model of hysteresis is briefly presented. The experimental construction of the support for its numerical implementation – the Everett surface – is described. Issues connected to some applications concerning eddy current simulation in ferromagnetic media are discussed. Numerical examples illustrate the frequency and saturation dependent skin effect produced by the eddy currents induced in the ferromagnetic and conductive media.

1. A klasszikus Preisach modell

A ferromágneses anyagok [1] viselkedésének leírására használatos igen hatékony matematikai modell a klasszikus Preisach modell [2, 3]. Az anyag egy részecskéjét téglalap karakterisztikájú hiszterézis-kapcsolók ($\gamma_{\alpha\beta}$) halmazával helyettesíti:

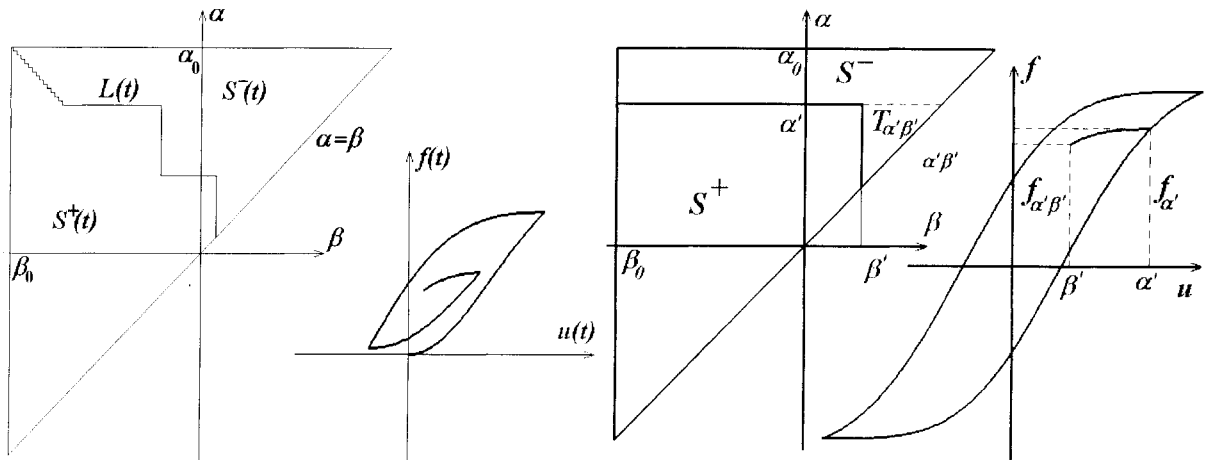
$$f(t) = \bar{P}u(t) = \iint_{\alpha \geq \beta} \mu(\alpha, \beta) \gamma_{\alpha\beta} u(t) d\alpha d\beta \quad (1)$$

ahol $\mu(\alpha, \beta)$ a Preisach disztribúció, α a felkapcsolási, β pedig a lekapcsolási érték. Ez egy derékszögű háromszögön (1. ábra) értelmezett kétváltozós függvény, amelynek alháromszögeken számított integrálja az Everett integrálfelület. Utóbbi fontos eleme a modell numerikus implementációjának. Használata gyorsabbá teszi a modellt, mert a Preisach disztribúció integrálását futás közben nem kell elvégezni. Lényeges szempont, hogy mérésrel meghatározható (2. ábra). A Preisach disztribúció az Everett függvényt kétszer deriválva számítható ki, ez a művelet azonban nagymértékben felerősíti a mérési zajokat. A felkapcsolt illetve lekapcsolt elemi operátorokat egy lépcsővonal választja el ($L(t)$ az 1. ábrán), amely a bemenettől függően változik és tárolja a modellezett részecske mágneses “történetét”.

Az Everett függvény kiszámítása kísérleti úton, illetve analitikusan:

$$F(\alpha', \beta') = \frac{1}{2} (f_{\alpha'} - f_{\alpha' \beta'}) = \iint_{\Gamma(\alpha', \beta')} \mu(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (2)$$

Ebben az alakban a Preisach modell gyors és viszonylag memóriatakarékos, de néhány vonatkozásban működése eltér a tapasztalattól. A minor hurkok leírását például az úgynevezett szorzat-modell [4, 5] teszi pontosabbá. A modell alapvetően statikus, dinamikus általánosítása az elemi operátorok jellemzőinek módosításán alapul. Ez azonban az Everett integrál használatát lehetetlenné teszi, emiatt a modell sokkal lassúbbá és memóriai igényesebbé válik.



1. ábra A Preisach háromszög és a lépcsővonal 2. ábra Az Evcrettfelület kísérleti meghatározása

2. Örvényáramszimuláció ferromágneses közegben

Ferromágneses anyagokban a dinamikus jelenségek okozói a klasszikus értelemben vett örvényáramok és a mágneses domének elmozduló falai mentén indukált helyi örvényáramok. Rendezett szemcsésjű vasmaglemezekben az utóbbiak hatása nagyobb, viszonylag nagy keresztmetszetű öntött acél alkatrészek esetében azonban a klasszikus örvényáramszimuláció [6, 7] megfelelő pontosságot biztosít.

Az elektromágneses téregyenletek (Maxwell):

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} & \mathbf{J} &= \sigma \mathbf{E} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 & \mathbf{B} &= \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M}) \end{aligned} \quad (3)$$

megoldásához szükség van a mágneses térerősség (H) és a mágnesezettség (M) közötti összefüggés meghatározására. Ehhez legáltalánosabb esetben dinamikus hiszterézismodell szükséges a megfelelő pontosság eléréséhez.

Amikor a konfiguráció és a gerjesztés módja állandó párhuzamosságot biztosít a mágneses térerősség és a mágnesezettség vektorok között, elegendő skaláris hiszterézismodellt használni. Gyűrű alakú vasmag esetében (3. ábra) például:

$$\begin{aligned} \mathbf{H} &= \mathbf{u}_\varphi H(r, z, t) \\ \mathbf{J} &= -\mathbf{u}_r J_r(r, z, t) + \mathbf{k} J_z(r, z, t) \end{aligned} \quad (4)$$

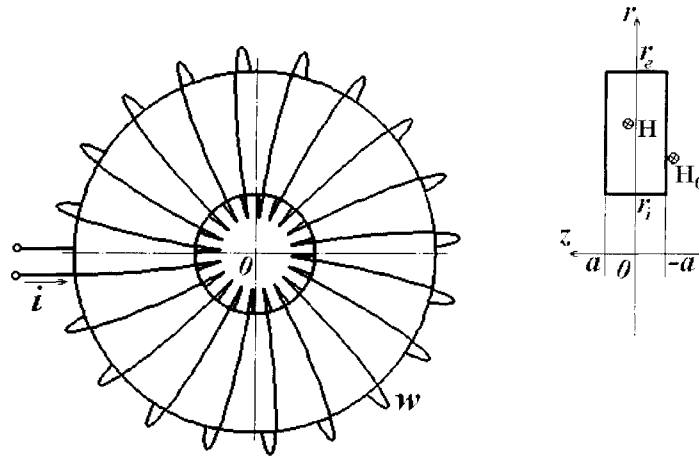
és a térerősség divergenciája nulla nemlineáris (de izotropikus) közegben:

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = \frac{1}{r} \frac{\partial H(r, z, t)}{\partial \varphi} = 0. \quad (5)$$

Hengeres koordinátarendszerben az

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\frac{\partial^2 H}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial r} - \frac{H}{r^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}}{\sigma \mu_0 \left(1 + \frac{dM}{dH} \right)}, \quad r \in [r_i, r_c] \quad , \quad z \in [0, a] \quad , \quad t \geq 0 \quad (6)$$

egyenlethez vezetnek, ahol a dM/dH nemlineáris tag helyi értékét a minden egyes rácspontban futtatott klasszikus Preisach modell adja. Megjegyzendő, hogy elég egyetlen Everett felületet tárolni, csak a lépesővonal változik rácspontonként a helyi mágneses térerősség változásától függően.



3. ábra Modellezett elrendezés

A határfeltételek:

$$\left. \begin{aligned} H(r, a, t) &= H_0(r, t) \\ \frac{\partial H}{\partial z}(r, 0, t) &= 0 \end{aligned} \right\} r \in [r_i, r_e] \quad ; \quad t \geq 0 \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} H(r_i, z, t) &= H_0(r_i, t) \\ H(r_e, z, t) &= H_0(r_e, t) \end{aligned} \right\} z \in [0, a]$$

A gerjesztőteret a w menetszámú tekercsen átfolyó, időben szinuszosan változó áram adja:

$$H_0(r, t) = \frac{wi(t)}{2\pi r} \quad ; \quad r \in [r_i, r_e]$$

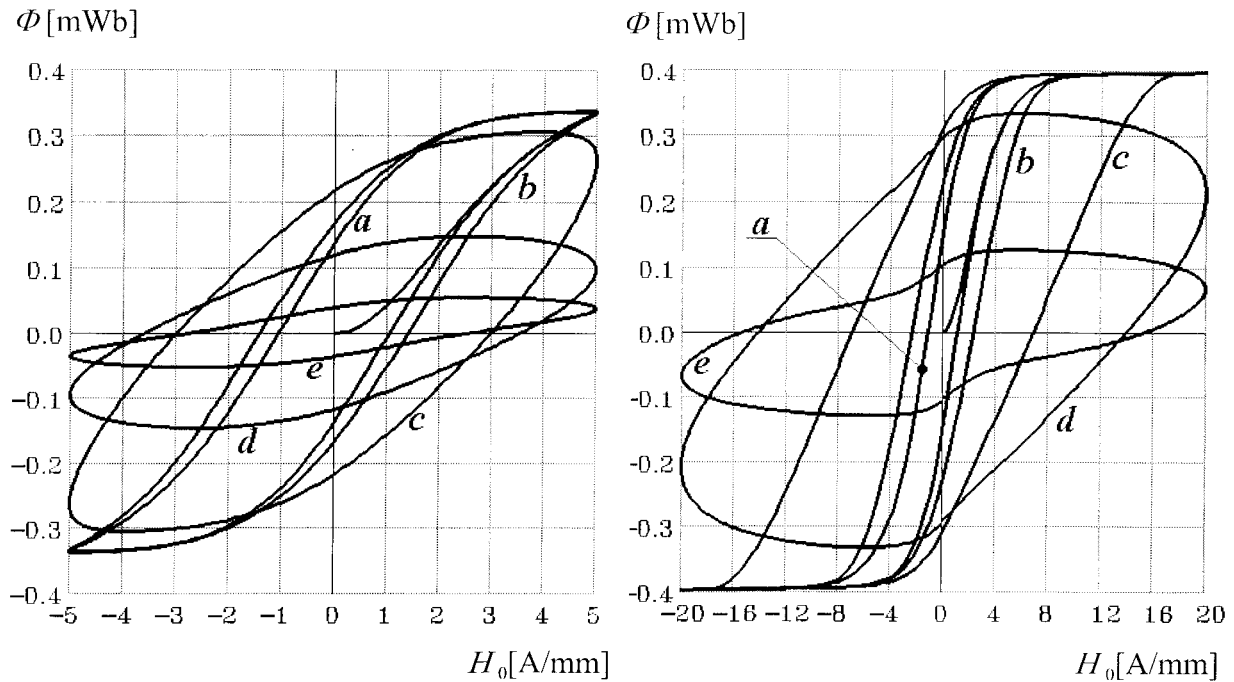
$$H_0(r, t) = \frac{r_i + r_e}{2r} H_{0m}(t) \quad (8)$$

$$H_{0m}(t) = \frac{w}{\pi(r_i + r_e)} I\sqrt{2} \sin(2\pi ft)$$

Egy $r_i = 10$ mm belső, illetve $r_e = 30$ mm külső sugarú, $2a = 10$ mm vastag $\sigma = 5 \cdot 10^6$ S/m elektromos konduktivitású tóruszra kapott eredmények a 4. ábrán láthatók a következő esetekre:

- a) $f \rightarrow 0$ (statikus hiszteréziskarakterisztika);
- b) $f = 50$ Hz, 10 darab, egyenként 1 mm vastag lemezből álló mag;
- c) $f = 500$ Hz, 10, egyenként 1 mm vastag lemezből álló mag;
- d) $f = 50$ Hz, tömör mag;
- e) $f = 500$ Hz, tömör mag.

Megfigyelhető a szkineffektus (örvényáramok okozta térkiszorítás) frekvencia-, amplitúdó- és lemezvastagságfüggő hatása a mágnesezési karakterisztikára. Ezek (fluxus a középkerület menti felszíni térerősség függvényében) az egyedüli kívülről értelmezhető - és mérhető - jelleggörbék. A bemutatott módszer lehetővé teszi az elektromágneses mennyiségek eloszlásának kiszámítását a vasmag bennsejében.



3. ábra Dinamikus mágnesezési görbék gyűrű alakú vasmagban

Irodalomjegyzék

1. Bozorth R.M.: Ferromagnetism, IEEE Press, New York, 1993.
2. Mayergoysz I.D.: Mathematical Models of Hysteresis, Springer Verl., New York, 1991.
3. Iványi A.: Hysteresis Models in Electromagnetic Computation. Akadémiai Kiadó Budapest, 1997.
4. Kádár Gy., Della Torre E.: Hysteresis Modeling: I. Noncongruency, IEEE Magn. Vol.23, No.5, 1987, pp. 2820-2822.
5. Della Torre E., Gy. Kádár: Hysteresis Modeling: II. Accomodation, IEEE Magn. Vol.23, No.5, 1987, pp. 2823-2825.
6. Füzi J.: Eddy Currents in Ferromagnetic Sheets Taking Magnetic Hysteresis Nonlinearities into Account. Periodica Polytechnica Budapest, Ser.El.Eng., Vol.39, No.2, pp. 131-143, 1995.
7. Füzi J., Iványi A.: Hysteresis and Eddy Currents in Ferromagnetic Media. Proc. of the 14th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics - ACES'98 Monterey, 1998, pp. 283-290.

Dr. Füzi János, egyetemi docens

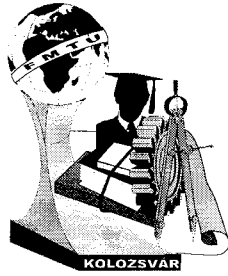
Transilvania Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Politehnicii 1-3, 2200 Brassó, Románia

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

“Bolyai János” ösztöndíjas

Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosság-tan Tanszék, H-1521 Budapest, Magyarország

Fax: +36 1 463 3189; E_mail: fuzi@cvtsz.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Dinamikus hiszterézismodellek áramkörszámításban

Füzi János

Abstract – A computationally efficient dynamic generalization of the classical Preisach model of hysteresis is proposed to encompass the effects of eddy currents and domain wall motion in silicon iron laminations. Electrical circuit analysis is performed considering dynamic hysteresis in coil cores.

1. Számításhatékony dinamikus hiszterézismodell

A klasszikus Preisach modell [1] gyors és viszonylag memóriatakarékos hiszterézismodell, de alapvetően statikus, dinamikus általánosítása az elemi operátorok jellemzőinek módosításán alapul [2]. Ez azonban az Everett integrál használatát lehetetlenné teszi, emiatt a modell sokkal lassúbbá és memóriagényesebbé válik.

Vasmagos tekercseket tartalmazó áramkörök tanulmányozásához [3, 4] szükség van egy hatékony dinamikus hiszterézismodellre, amely leírja az illető vasmag viselkedését a költséges (lassú, nagy memóriagényű és a rendezett szemcséjű vékony lemezek esetében nem is elég pontos) örvényáramszámítás nélkül, lehetőleg a klasszikus Preisach modell már említett számítási előnyeinek megtartásával.

Elég jó kompromisszum valósítható meg egy új változó (H_m – a klasszikus Preisach modell bemeneti mennyisége) bevezetésével, amelyet az

$$\frac{dH_m}{dt} = a(H - H_m) - b \frac{dB}{dt} + c \frac{dH}{dt} \quad (1)$$

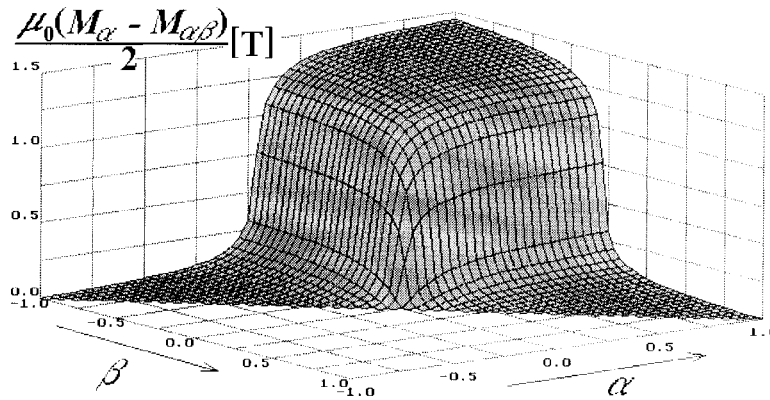
egyenlet vezérel és kapcsol össze a tényleges mágneses mennyiségekkel (H – térerősség a vasmag felszínén, B – átlagos fluxussűrűség a vasmagban) [5]. Az a , b és c modellparamétereket a kiszámított jelleggörbéknek a vasmagon mért dinamikus mágnesezési görbékhez való illesztésével határozhatjuk meg. Minél szélesebb frekvencia- illetve indukció amplitúdósávra érvényes az illesztés, annál valószínűbb, hogy a modell tetszőleges bemenőjel esetén is helyesen működik. Az (1) egyenlet a térerősség kiszámítására használható, ha a fluxussűrűség adott. Amennyiben a térerősség adott, az

$$\frac{dH_m}{dt} = \frac{a(H - H_m) + (c - \mu_0 b) \frac{dH}{dt}}{1 + \mu_0 b \frac{dM}{dH_m}} \quad (2)$$

egyenlet használandó, amelyben a dM/dH_m tagot a klasszikus Preisach modell adja.

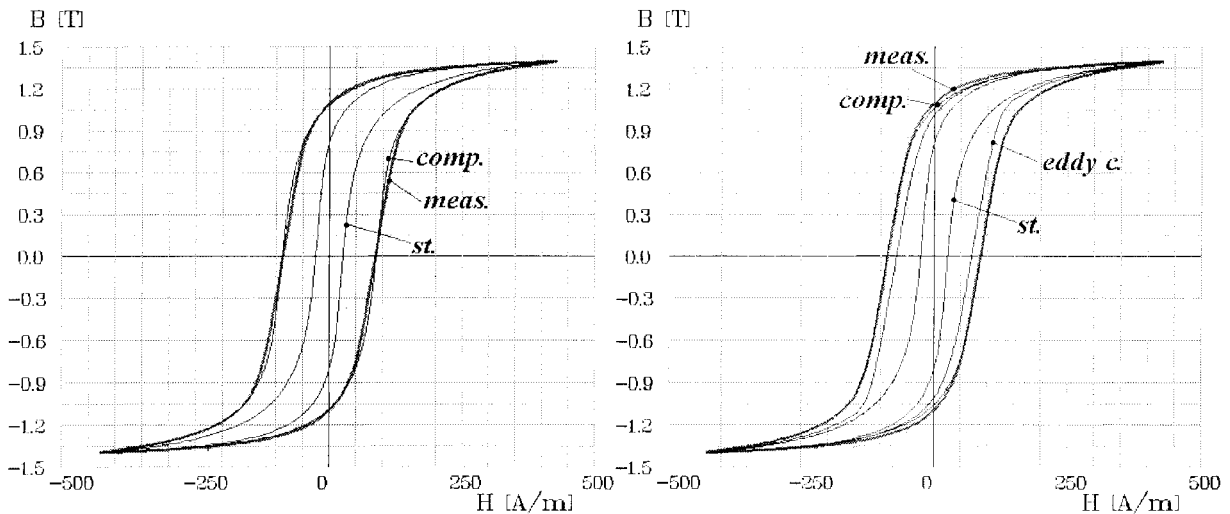
2. A modell kísérleti felépítése

Adott vasmagra vagy vasmaglemezre az Everett felület kísérletileg meghatározható a határhurokról visszatérő hiszterézisgörbék kis frekvencián (1 Hz) történő mérésével [6]. A STABOCOR 250-50 A - EBG típusú lemezre mért Everett felület az 1. ábrán látható.



1. ábra STABOCOR 250-50 A - EBG vasmaglemez Everett felülete

A dinamikus modell paramétereit úgy lehet meghatározni, hogy több frekvencián és fluxussűrűség-amplitúdóra mért dinamikus mágnesezési hurkok térerősség és indukcióértékeit, illetve a mért indukciót adó statikus modellbemenőértékeket (H_m) behelyettesítjük az (1) egyenletbe és az adódó hibák négyzetösszegét minimizáljuk. Az $a = 4000 \text{ s}^{-1}$; $b = 300 \text{ m/H}$; $c = 1$ paraméterértékek a vizsgált lemezre a 2. ábrán megfigyelhető pontosságot adják a 0 – 250 Hz-es frekvenciasávban.



fluxusellenőrzéssel számítva

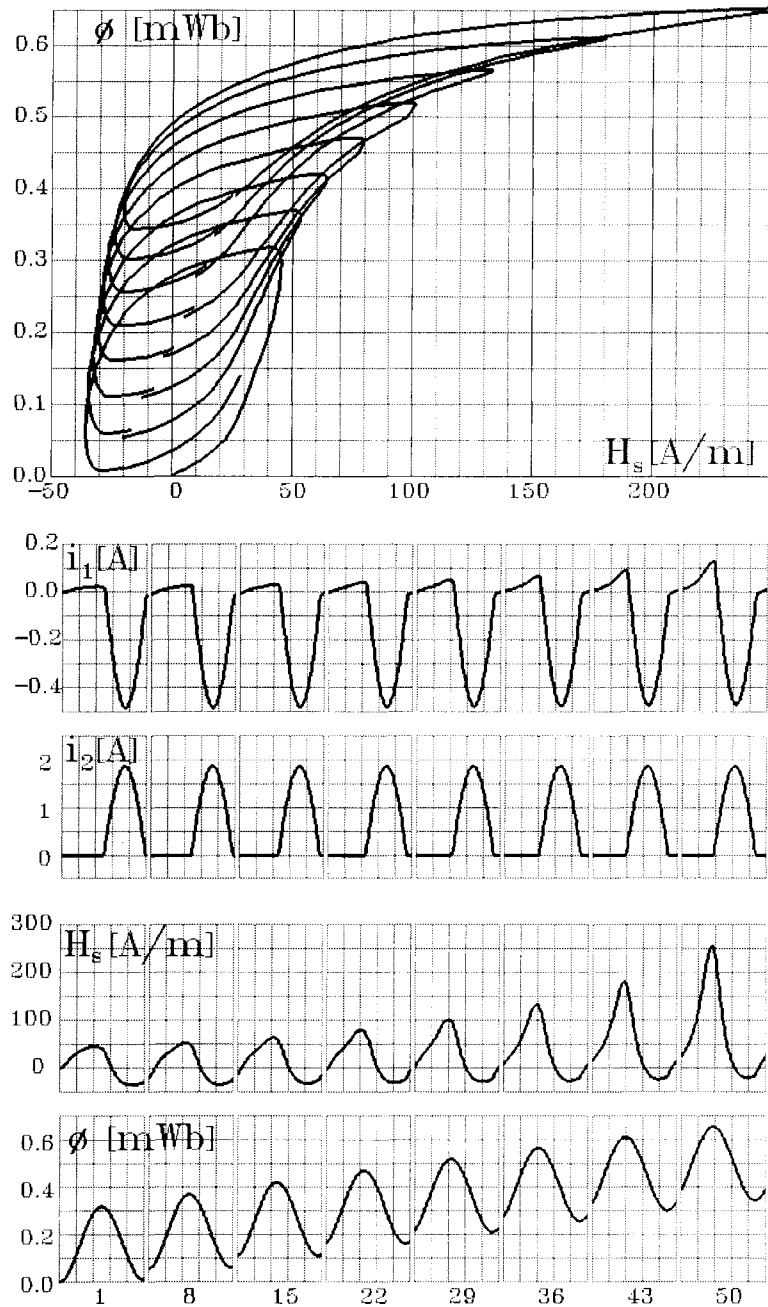
térerősségellenőrzéssel számítva

2. ábra Dinamikus mágnesezési jelleggörbék $f = 100 \text{ Hz}$ frekvencián (meas. – mért, st. – statikus, eddy c. – örvényáramszimulációval számított, comp. – dinamikus modellel számított).

A mért indukciót, illetve térerősséget tekintve adottak, a bemutatott modell mindkét esetben kielégítő credményt ad, míg az örvényáramszámítás e nem rendezett szemcséjű lemez esetében is részben hibás eredményre vezet (mivel a doménfalak mozgását nem veszi figyelembe).

3. Áramkör-szimuláció hiszterézis figyelembevételével

Egy transzformátor, $w_1 = 400$ menetszámú és $R_1 = 2 \Omega$ ellenállású primer, illetve $w_2 = 100$ menetszámú és $R_2 = 0.2 \Omega$; ellenállású szekunder tekercsei $S = 500 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű és $l = 200 \text{ mm}$ középhosszúságú vasmagon helyezkednek el. A transzformátort $U_0 = 40 \text{ V}$ amplitúdójú szinuszos feszültségforrás táplálja $f = 100 \text{ Hz}$ frekvencián. A szekunderkörben egy $R_s = 5 \Omega$ értékű terhelőellenállás és egy egyenirányító dióda van. A transzformátor működésének a bekapcsolást követő első 50 periódusát a 3. ábrán követhetjük.



3. ábra A transzformátor vasmagjának mágnesezési görbéje, illetve a primer- és szekunderáram, térerősség a vasmagfelületen és fluxus a vasmagban időbeli változása (minden hetedik periódus ábrázolva).

Az áramköregyenletekben:

$$\text{a dióda vezet: } \begin{cases} \frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L_{\sigma 1}} \left(u(t) - R_1 i_1 - w_1 \frac{d\varphi}{dt} \right) \\ \frac{di_2}{dt} = \frac{1}{L_{\sigma 2}} \left(-(R_2 + R_S) i_2 - w_2 \frac{d\varphi}{dt} \right) \end{cases} ; \quad u_d = 0 ; \quad i_2 > 0 \quad , \quad (3)$$

$$\text{a dióda nem vezet: } \begin{cases} \frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L_{\sigma 1}} \left(u(t) - R_1 i_1 - w_1 \frac{d\varphi}{dt} \right) \\ u_d = -w_2 \frac{d\varphi}{dt} \end{cases} ; \quad i_2 = 0 ; \quad u_d < 0 \quad , \quad (4)$$

a két áramderivált implicit módon a fluxusderiváltban is szerepel, mivel a vasmag gerjesztőterét a:

$$H(t) = \frac{w_1 i_1(t) + w_2 i_2(t)}{l} \quad (5)$$

összefüggés adja. Ezért a numerikus számítási eljárás stabilitásához olyan prediktor-korrektor módszerre van szükség, amely a (3) rendszer mindkét egyenletének minimális hibátényező melletti teljesülését egyidejűleg biztosítja.

A bemutatott modell (figyelembe veszi mind az örvényáramok, mind a doménfaldinamika hatását a vasmag belsejében) használata gyorsabb, stabilabb és bizonyos körülmények között pontosabb számításokat tesz lehetővé, mint az örvényáramszimuláció a vasmagban.

Irodalomjegyzék

1. Mayergoyz I.D.: Mathematical Models of Hysteresis, Springer Verl., New York, 1991.
2. G. Bertotti: Dynamic Generalization of the Scalar Preisach Model of Hysteresis, IEEE Magn. Vol.28, No.5, 1992, pp 2599-2601.
3. Füzi J.: Electrical Circuit Analysis Considering Hysteresis in Coil Cores. Proc. 14th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics - ACES'98 Monterey, 1998, pp. 291-296.
4. Füzi J.: Dynamic Operation of Coils with Ferromagnetic Cores Taking Magnetic Hysteresis into Account. Applied Computational Electromagnetics Society Journal, Monterey USA - 1997, vol.12, no.2, pp.96-101.
5. Füzi J.: Computationally Efficient Rate Dependent Hysteresis Model. Proc. of the 8th IGTE Symposium on Numerical Field Calculation in Electrical Engineering, Graz - 1998, Part II, pp. 397-402.
6. Füzi J., Székely Gy., Szabó Zs.: Experimental Construction of Classical Preisach Model. Proc. of the 8th IGTE Symposium, Graz - 1998, Part II, pp. 452-457.

Dr. Füzi János, egyetemi docens

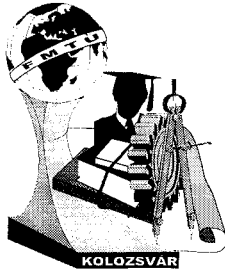
Transilvania Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Politehnicii 1-3, 2200 Brassó, Románia

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

“Bolyai János” ösztöndíjas

Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosság-tan Tanszék, H-1521 Budapest, Magyarország

Fax: +36 1 463 3189; E_mail: fuzi@cvtsz.bmc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

PIC mikrovezérlőre alapozott meteorológiai mérőállomás

Csernáth Géza

Abstract

The subject of the project is the description of the technical structure of a meteorological microstation based on a PIC microcontroller and its working possibilities. The basic idea was an electrical measurement and processing system having few electrical devices, which the help of which the air temperature, the relative humidity and the wind speed are measured and processed using a PC. The data may be accessed using an Internet browser.

Alapötlet, tervezési feltételek

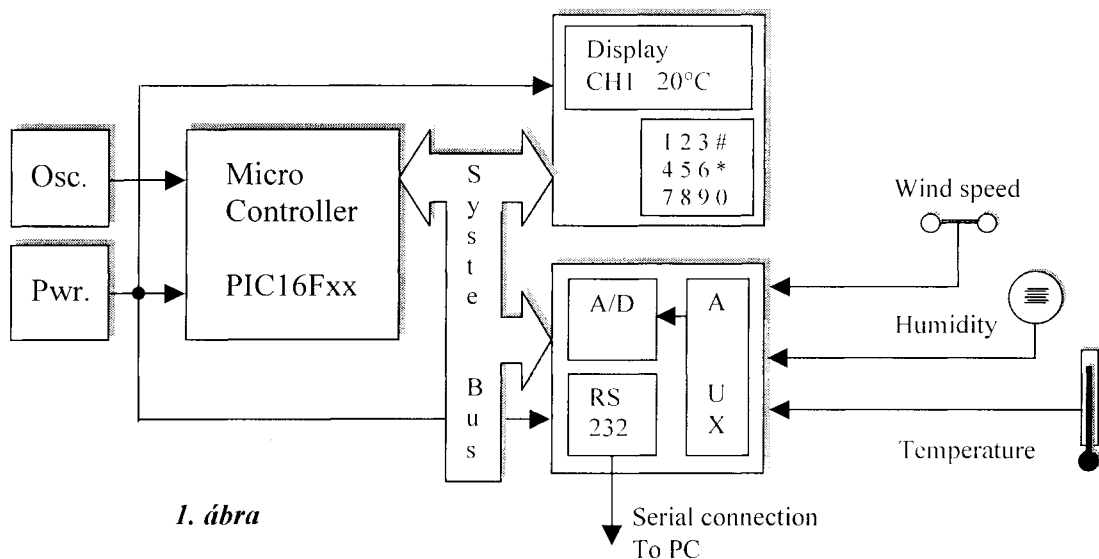
A dolgozat egy PIC mikrovezérlőre alapozott meteorológiai mikroállomás műszaki felépítésének leírásával és alkalmazási lehetőségével foglalkozik. Az alapötlet szerint egy olyan csökkentett méretű, viszonylag kis alkatrészigényű elektronikus mérő és kiértékelő rendszerről van szó amelynek segítségével a pillanatnyi meteorológiai állapotjelzők, mint például: levegő hőmérséklete, nedvességtartalma és szélesség mérhető, rögzíthető és számítógéppel feldolgozható. A továbbfejlesztett elképzelés szerint a cél egy olyan regionális vagy országos meteorológiai adatgyűjtő hálózat kidolgozása lenne amely alapvetően az Internet adta adatközlési lehetőségekre alapozva bármely felhasználónak igényei szerint tudna, akár egyes körzetekre korlátozott, akár a teljes ország területére vonatkoztatott pillanatnyi időjárási viszonyokról beszámolni.

Tekintve az időjárási állapotjelzők időbeni változásának lassúságát két fontos tervezési szempontot rögzíthetünk. Szükséges egy olyan alrendszer létrehozása amely a mérőberendezések adatait fogadja és értékeli anélkül, hogy a gazda számítógép erre külön proceszoridőt használna, valamint ennek az alrendszernek nem kell túlságosan gyorsnak lennie. E két szempontot egy PIC típusú mikrovezérlő köré felépített mérőrendszerrel teljesíthető. A mérőberendezések, mint: hőmérő, nedvesség mérő, szélesség mérő kiválasztásánál fontos követelmény volt a fokozott linearitás (a méréstartomány legkevesebb 90%-ban) valamint az a műszaki sajátosság, hogy kimeneteiken a mért jelenséggel arányos feszültségváltozás jöjjön létre. A mérőberendezések leolvasását egy analóg multiplexeren keresztül egy A/D konverter végzi. Kiválasztásánál a főbb szempontok az egyszerű kezelhetőség, soros adatátviteli lehetőség, valamint kis

mintavételezési sebesség voltak. A már feldolgozott adatok a legegyszerűbben az RS-232 soros adatátviteli szabvány szerint továbbíthatók a gazda számítógépnek. Elsősorban itt egy olyan számítógépről van szó amely önmagában domain-szerverként üzemel és valamely Internet szolgáltató cég tulajdonában van. Ez természetesen nem zárja ki az egyéni felhasználókat, sőt azt sem, hogy a mérőállomás akár önmagában, számítógép nélkül is működtethető. A szolgáltató cég kiegészítésként vállalhatná fel a mérőállomás felszerelését és honlapján lehetőséget adna a helyi és ugyanakkor az országos meteorológiai viszonyok gyors felmérésére.

A mérőállomás

A felépített rendszer elvi vázlatát az 1. ábra szemlélteti. Lényeges részei a mikrovezérlő, az adatvonalakból álló buszrendszer, az A/D átalakító valamint a mérőberendezések. A helyi kijelző és billentyűzet illesztőáramköre a gazda számítógép nélküli felhasználás esetén nélkülözhetetlen.



1. ábra

A mikrovezérlő a napjainkban mindinkább elterjedő, ún. cél mikrovezérlők családjából választott PIC 16C(F)xxx típus. Konkrétan a PIC16F84-es típussal kezdtem el a rendszer építését. Ez a típus könnyű újraprogramozhatósága miatt fejlesztői célokra ideálisan megfelel, (belső programtárolója EEPROM, külön EEPROM adattároló területet is tartalmaz. Az EEPROM villamos jellel törölhető, átprogramozható ROM – így ennek a mikrovezérlőnek már nem kell ablakos tokozású kivitelében programtárját ultraibolya fényvel törölni). Belső felépítését tekintve 8 bites adat, illetve 14 bites utasításszavakkal operáló RISC típusu proceszor, négy csatornás pipe-line utasításvégrehajtó aritmetikai-logikai egységgel. Így volt elérhető a viszonylag alacsony órajelfrekvenciánál (4-10MHz) jelentős végrehajtási sebességnövekedés. A mikrovezérlőre fejlesztett algoritmus alapvetően a következő részfeladatokat látja el: mérőcsatorna

kiválasztása, mérőberendezés leolvasása, a leolvasott adat átalakítása bináris formából BCD formába, kijelzés, billentyűzet beolvasása, adatok leküldése soros adatátviteli szabvány szerint.

Az ADC0831 soros adatátviteli, differenciális bemenettel ellátott A/D átalakító, 8 bites felbontással és 5V-ig növelhető külső referencia lehetőséggel, 32ms mérésidővel. Bemenetét előtétáramkörként egy analóg multiplexer csatolja a mérőműszerekre. A csatornaválasztásra a mikrovezérlő két kivezetését használja, binárisan adva meg a multiplexernek a kívánt csatorna számát. További három kivezetés szolgál az A/D átalakító vezérlésére. Ezek órajel mellett a mérést elindító jelre, valamint az adatátviteli vonalra korlátozódnak. Jelen alkalmazásban az egyszerűség kedvéért a referenciafeszültség értéke 5V.

A levegő nedvességtartalma egy Philips gyártmányú kapacitív nedvességérzékelővel mérhető. Az érzékelő vékony polimer membrános kondenzátor. Előnye a könnyen kezelhetőség valamint a fokozott ellenállóképesség bármely környezetben. 10-90%-ig lineárisan változó kapacitása és a környezet tág határok közötti hőmérsékletváltozásaitól való függetlensége egyszerű áramköri illesztést feltételez. Alapvetően egy változó frekvenciájú rezgőkör alapelemként üzemel, ahol az oszcillátor frekvenciája a nedvesség függvényében változik. Az oszcillátor ajánlott frekvenciatartománya 1-1000KHz-ig terjed. A rezgőkör kimenete egyszerű frekvencia-feszültség átalakítón keresztül csatolódik az analóg csatornaváltó bemenetére. Ezen keresztül az A/D átalakító a csatorna kiválasztásának pillanatában méri a bemenetén megjelenő feszültséget, mely értéket a mikrovezérlő egy táblázat alapján átszámít relatív levegőnedvesség értéké.

A hőmérséklet egy LM35 típusjelű National Semiconductor gyártmányú érzékelővel mérhető. Ennek a precíziós integrált áramkörnek a kimenetén megjelenő feszültség szint egyenesen arányos a hőmérséklet Celsius fokokban kifejezett értékével. Nagy előnye a fokozott linearitás valamint az, hogy nem igényel precíziós külső referencia áramkört. Viszonylag széles, $-55 - +150^{\circ}\text{C}$ fokig terjedő hőmérséklettartományban $10.0\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ lépésekben mér. $+10\text{V}$ tápfeszültségnél $-50 - +50^{\circ}\text{C}$ méréstartományban kapott kimenő feszültségérték egy osztóláncon megfelelően vezethető be az analóg csatornaváltóba. Az 8 bites A/D átalakító elméleti felbontása 5V-os referenciafeszültségnél $0,019\text{V}$, az osztólánc kompenzálására a mikrovezérlő a mérési eredményt egy helyértéssel balra tolással kettővel szorozza, az így kapott értéket egy táblázat alapján közvetlen Celsius fokokban kifejezett hőmérsékleti értéké alakítja. A szélső mérésére a dinamós módszer használható. E módszer alapvetően egy szélsőfeszültség átalakítást valósít meg egy megfelelően kiválasztott egyenáramú mikromotor segítségével. A motor hosszabított tengelyére szerelt három, $9,6\text{cm}^2$ belépő felületű szélfogó kanál légellenállása már enyhébb légmozgás hatására is elegendő erőt fejt ki a motor tengelyének megforgatásához. A motor ill. dinamó áramszedőin kapott egyenfeszültség egy szűrőkondenzátor és Zenner diódás feszültségkorlátozó után kapcsolódik az analóg csatornaváltó megfelelő bemenetére. A dinamó feszültség karakterisztikája nem lineáris, a sebességmérő hitelesítése kísérletileg egy mechanikus sebességmérővel hasonlítva

végezhető el. Mivel a szélesség mérése nem kritikus a méréseredmények egy közelítő táblázatból vett értékek alapján súlyozva alakíthatók az elfogadott km/h vagy m/s mértékegységre.

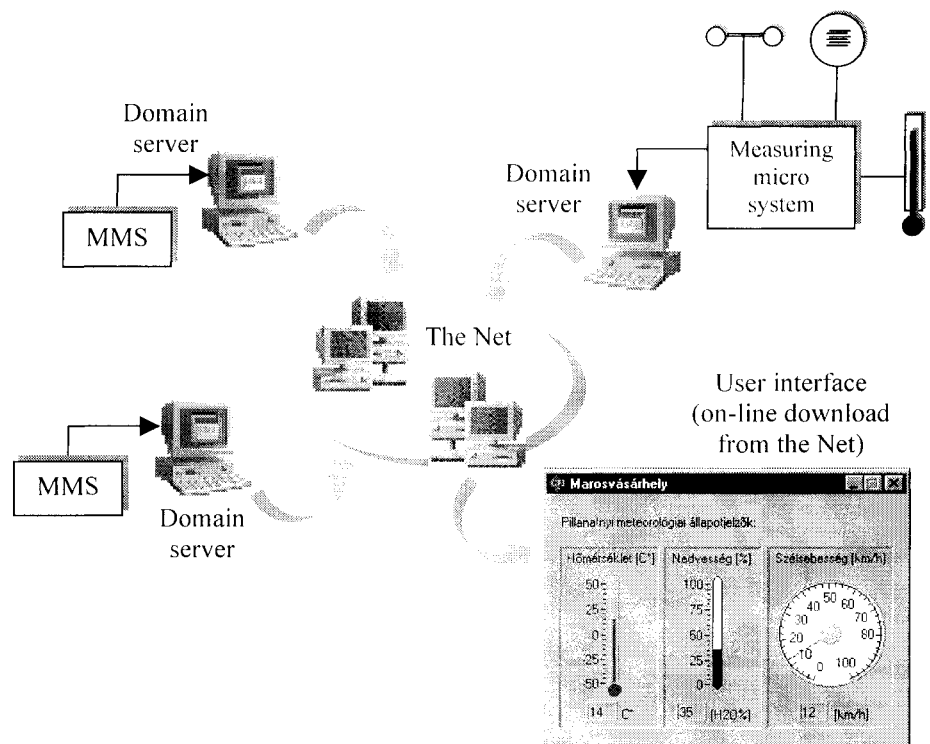
A kijelzés és a kijelzett csatorna kiválasztására szolgáló billentyűzet kiszolgáló áramkör közös áramkörtáblán kapott helyet. Alapkövetelmény a soros adatátvitel tekintetével a mikrovezérlő korlátozott számú felhasználható kivezetésére. Így tehát egy órajel-, egy kimenő adat- ill. egy bejövő adatvonalra épül a hét számjegyes kijelzőt meghajtó, ill. 12 billentyűt letapogató periféria áramkör. A kijelzés 8-as ciklusokban, számjegyenként történik, a teljes billentyűzet leolvasása a kiírás órajelére lépkedő multi-plexer kimenetének figyelésével 2*8 ciklus alatt végezhető el.

A mérőállomás a már említett RS-232soros adatátviteli szabvány szerint, a második lehetséges üzemmódban működve, (amikor a mérésciklus mindhárom érzékelő adatait feldolgozza a helyi kijelzést mellőzve), küldi adatait a gazda számítógépnek. Az egyes mérőállomással felszerelt

szerver gépek Internetes hálózatra csatlakozásának, ill. a felhasználó által letölthető információ útjának elvi kapcsolatát mutatja a mellékelt ábra.

A felhasználó által szabadon letölthető web-lapon leolvasható lenne a kiválasztott helység, (ahol ilyen vagy hasonló mérőrendszer működik), jellemző meteorológiai adatai. Ugyanakkor a folyamatos adatszerelés útján, (minden

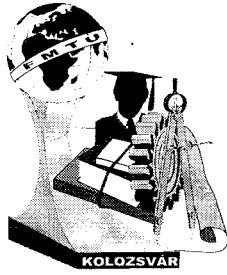
beérkező meteó csomagra válaszként a helyi adatok megküldése), egy teljes országrész meteorológiai helyzete felmérhető lenne.



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

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, 1999. március 19-20.

Párhuzamos robotok irányítása LabVIEW-ban

Szatmári Szaboles

Abstract

LabVIEW is a powerful development environment for process control. As a brief overview of LabVIEW, some description should be given. Writing programs in LabVIEW is best described as drawing block diagrams. Its programming interface basically has two screens, the panel and the diagram screen. On the panel screen the graphical user interface can be defined and the diagram screen contains the program itself. Each program is called Virtual Instrument (VI) in LabVIEW. SubVIs, and VI-libraries can be created as well. LabVIEW is also a powerful tool to make not just a simulation but a full physical control of a robot. Its more than a program, an efficient and flexible programming environment. It is easy to use and easy to learn because the elaborated graphical interface. The goal of this paper is to present a new vision of Robot Control using LabVIEW. The inverse kinematics problem is solved easily. Given a path that the Tool Centre Point (TCP) must follow. The lengths of the legs (joints) can be watched during the motion of the TCP. We can also change the orientation of the mobile platform or choose an another point of view for the whole structure. These changes can be made as well when the robot is in motion, no need to stop that. Any position, orientation or velocity changes can be made with immediately results on the simulation screen.

Bevezetés

A LabVIEW egy programfejlesztő környezet, mellyel Windows alkalmazások készíthetők. A LabVIEW, szemben a hagyományos programozási rendszerekkel, melyek a kódlista előállítására szöveg alapú programozási nyelvet alkalmaznak, a *G* nevű grafikus programozási nyelvet használja, a program blokkdiagram formájában állítható elő.

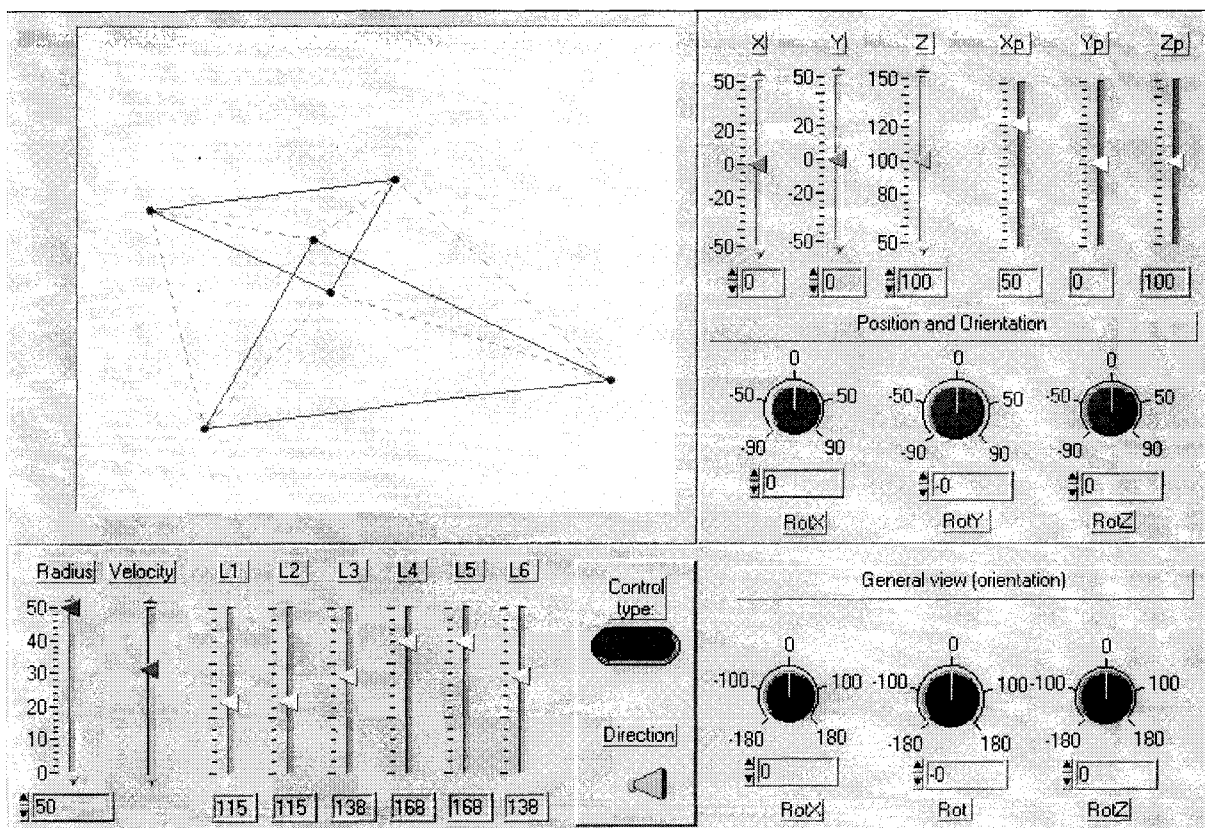
A LabVIEW programot *Virtuális Műszernek* (VI - Virtual Instrument) nevezzük, mivel megjelenésük és működésük valós műszereket imitál. Minden VI rendelkezik egy interaktív kezelő felülettel, a működést definiáló forráskóddal és egy olyan felülettel, amely biztosítja a kapcsolódást magasabb szintű VI-okhoz. A VI-ok tehát három elemből állnak:

- A VI interaktív kezelő felületét *front panel*nek nevezzük, mivel ez szimulálja a műszer előlapját.
- A VI a *blokk diagram*ból kapja az utasításokat, melyet a G programozási nyelven készíthetünk el. A blokkdiagram a programozási feladat grafikus reprezentációja, ez a VI forráskódja.
- A VI-ok hierarchikusak és modulárisak. Ez azt jelenti, hogy bármely VI elhelyezhető egy másik VI-ban. Ezt *subVI*-nak nevezzük. A beszerkeszthetőséget teszi lehetővé a VI *ikonja* és *csatlakozója* (connector).

A LabVIEW alkalmazása

A LabVIEW felépítése kiválóan alkalmassá teszi a robotirányítási feladatok megoldására. A grafikus képernyőn megjelenő robotmozgás-szimuláció mellett a megfelelő hardware jelenlétében valós robot irányítása is könnyedséggel megoldható.

E dolgozat célja a soklábú (párhuzamos kinematikájú) robotok inverz kinematikájának megoldása felhasználva a LabVIEW által kínált lehetőségeket. Ebben az esetben bemenő adatként a robotra szerelt szerszám középpontjának pozícióját és orientációját tekintjük.

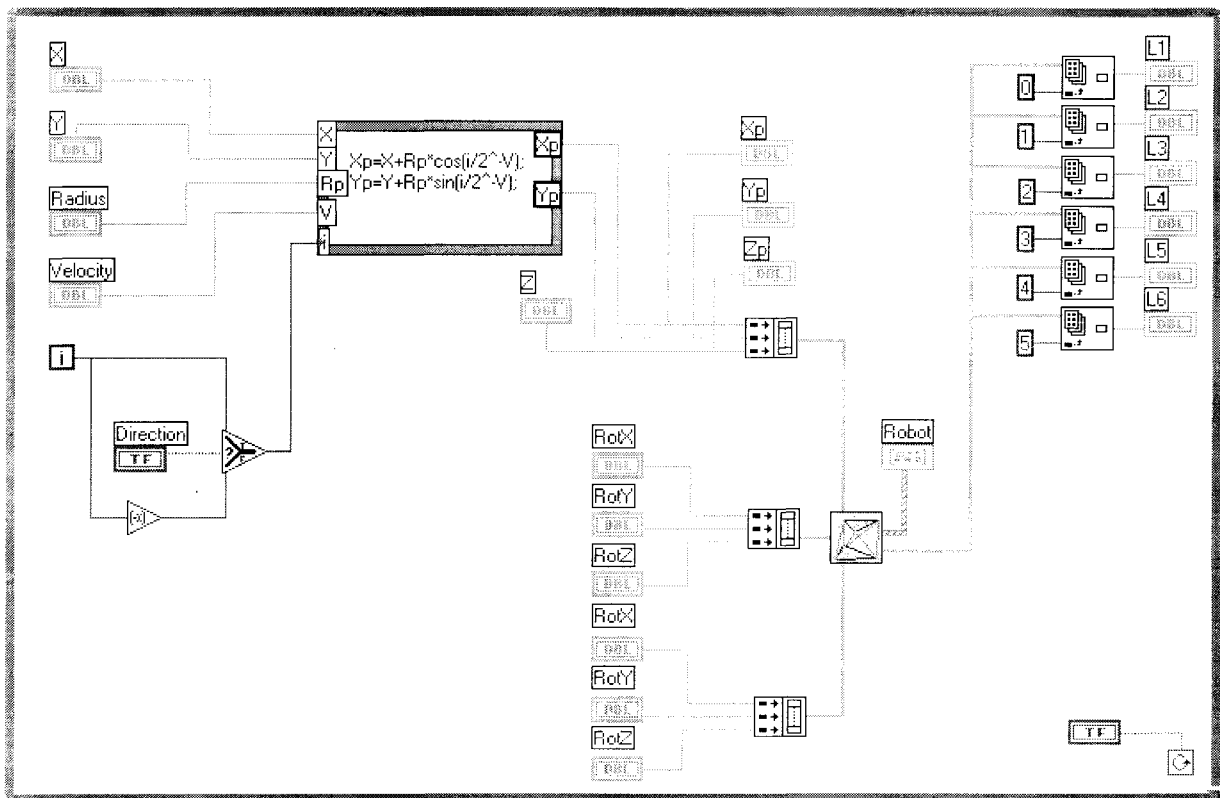


1. ábra. A virtuális műszer előlapja

A bemenő adatok függvényében a lábak hosszának kiszámolására kerül sor. A robot mozgása is nyomon követhető az erre a célra kijelölt grafikus részen (1. ábra). A bemenő adatok nagysága könnyedséggel és szemléletesen beállítható. Az eredmények is szemléletesen vannak ábrázolva.

A végberendezés középpontjának (TCP) akár egy mozgási pályát is meg lehet adni, valamint a pálya menti sebességet. Ebben az esetben a pálya egy vízszintes síkban elhelyezett kör aminek sugara külön állítható, valamint a pályakövetés iránya is.

Mindezek mellett a berendezést (robotot) tetszőleges szögből lehet nézni, erre szolgál a három világkoordináta szerinti elfordulási szög. Ha a robot mozgásának egy körpályát adunk meg (a fenti eset), a megadott pozíció a kör középpontját jelenti.

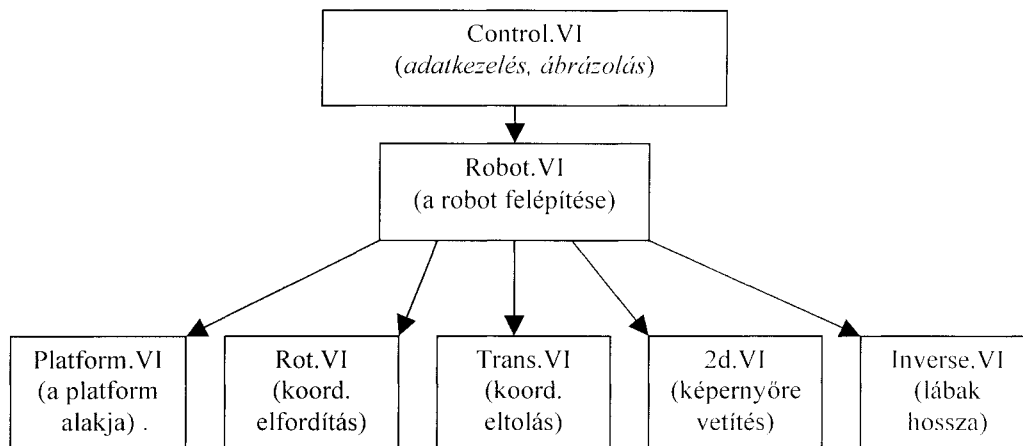


2. ábra. A virtuális műszer blokk diagramja

A műszer blokk diagramja híven tükrözi az előlap tartalmát. Minden be- és kimenő adat dupla pontossággal van ábrázolva és az áttekinthetőség érdekében címkével van ellátva. Azok az információ-buszok (vonalak) amelyekben több adat fut (vektorok) vastag vonallal vannak jelölve. Az adatok eredete és milyensége (számszerű adat, bináris döntés, összetett adatok) már ránézésre megállapítható, mivel minden adattípus a neki megfelelő színnel van jelölve.

A SubVI-okat használva, elég ha egyszer írjuk meg egy bizonyos szubrutin kódját, ezt majd többször fel lehet használni akár más VI-ban is. A feladatot megvalósító program hierarchikus és moduláris felépítésű. Ez azért előnyös, mert így áttekinthető programot kapunk, és elkerülhetjük a felesleges

ismétlődéseket. Mind az alsóbb szintek eredményei, mind a végeredmény más alkalmazásokban is felhasználható. A program felépítését a 3. ábra mutatja.



3. ábra. A program felépítése

Következtetések és további kutatási lehetőségek

A LabVIEW által kínált lehetőségek kimeríthetetlenek, mivel mindig újabb és újabb alprogramokkal (VI) lehet bővíteni a már meglévő programot. Így például a már elkészített robotábrázoló subVI a megfelelő koordináta-transzformációkkal együtt beiktatható egy olyan programba amely majd a robot direkt kinematikáját oldja meg. Ez azonban még fejlesztésre vár, mivel megközelítő módszerekre épült, emiatt nem képes valós idejű megoldást szolgáltatni.

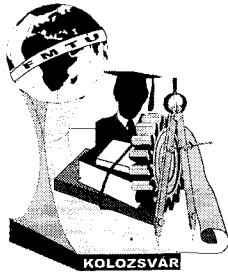
Irodalomjegyzék

1. National Instruments (1993), Reference Manuals for LabVIEW Version 3.0.1
2. Somló, J.; Lantos, B.; Cat, P.T. (1997). *Advanced Robot Control*, Akadémiai Kiadó, Budapest
3. Zentay Péter – Zoller Zoltán: Time Optimal Trajectory Planning for Robots in LabView Programming System, MicroCAD '99 Miskolc, 1999. Február 24-25.
4. Zentay Péter – Zoller Zoltán: Robotalkalmazások modellezése, Korszerű robotirányítási módszerek és LabView realizálásuk, Budapest, 1997. április 24.

SZATMÁRI Szabolcs, PhD student

Gépgyártástechnológia Tanszék, Budapesti Műszaki Egyetem, 1521, Budapest, Egri J.u.1.E ép.

Tel.: +36-309-114412, Fax: +36-1-463-3176, E-mail: szsz@manuf.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Hosszbordákkal merevített körhenger héjszerkezetű szalaghidak sajátfrekvenciái

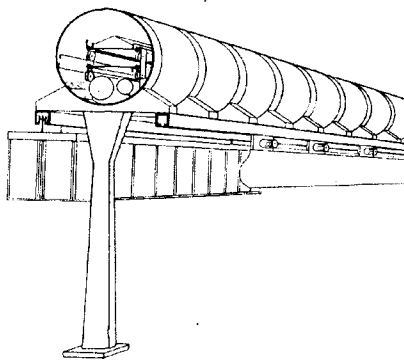
Liszkai Tamás

Abstract

In this paper the investigation of the natural frequencies of a stringer stiffened cylindrical shell applied in belt conveyor bridges is carried out. In earlier researches the optimum cost design of cylindrical shells has been developed by which the optimal dimensions of the shell can be determined. In belt conveyor bridges there is the possibility that exciting vibration can be transmitted from the belt conveyor to the structure of the bridge, which can be dangerous if the natural frequencies of the shell are in the range of the excitation frequencies.

Bevezetés

A héjszerkezetű szalaghidaknak két típusa ismeretes, a zárt és a nyitott héjszerkezetű szalaghidak. Korábbi munkák során kidolgoztunk egy optimaló eljárást hosszbordázott körhenger héjszerkezetű zárt szalaghidak optimális méretezésére [1]. Az 1. ábra egy zárt körhenger héjszerkezetű szalaghíd vázlatos képét mutatja. Az optimalás célja az volt, hogy meghatározzuk a körhéj sugarát, vastagságát és a bordák méreteit, számát úgy, hogy a szerkezet költsége, mely elsősorban az anyag és hegesztési illetve hegesztéssel kapcsolatos járulékos költségekre terjed ki, minimális legyen. A feltételrendszer az API [2], előírásai szerint lett felépítve kibővítve egy lehajlás korlátozási feltétellel. A szabvány feltételeket ír elő hajlításnak kitett hengeres körhéj stabilitására vonatkozóan. Ezek alapján a feltételrendszer magában foglalja a héj helyi horpadási, általános stabilitási, bordahorpadási, lehajlási, és a méret korlátozási feltételeket. Az összetett optimalizálási feladat megoldására a CFSQP (Feasible Sequential Quadratic Programming in C-code) optimaló szoftvert alkalmaztuk [3]. Az optimalást egy 84 m hosszú szalaghíd esetére végeztük el, a kapott értékeket különböző költségtényezők (gyártásköltség / anyagköltség) esetén az 1. táblázatban foglaltuk össze.



1. ábra Szalaghíd vázlatos képe

megoldására a CFSQP (Feasible Sequential Quadratic Programming in C-code) optimaló szoftvert alkalmaztuk [3]. Az optimalást egy 84 m hosszú szalaghíd esetére végeztük el, a kapott értékeket különböző költségtényezők (gyártásköltség / anyagköltség) esetén az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Hosszbordázott körhéj optimális méretei és bordaszáma

k_p/k_m	Költség (K) [kg]	Hosszbordák száma	R_{opt} [mm]	t_{opt} [mm]	h_s [mm]	t_s [mm]
0	43892	32	2038	4.48	50.0	6.00
0.5	60883	32	2038	4.48	50.0	6.00
1	77238	30	2029	4.50	56.7	6.22
1.5	92595	24	1972	4.52	85.1	9.33
2	107066	24	1972	4.52	85.1	9.33

Szalaghídra ható gerjesztő frekvenciák

Szállítószalagok működése közben a tartóvázon keresztül gerjesztő rezgések hatnak a szalaghíd acélszerkezetére [4]. A gerjesztő frekvenciák meghatározása igen bonyolult feladat, ha figyelembe vesszük a rezgés kialakulására ható tényezőket. A kialakuló gerjesztő frekvencia függ a szállítószalag kialakításától, melyet a görgőbeépítés és váz tulajdonságai alapján osztályozhatunk: merev váz - merev görgő, merev váz - fűzéses görgő, rugalmas váz - merev görgő, rugalmas váz - fűzéses görgő. A megadott négy eset közül az első esetben lineáris függvénnyel határozható meg a gerjesztő frekvencia, melynek közelítő alapharmonikusa a következőképp számítható feltételezve, hogy a görgőmeghajtás csúszásmentes.

$$v = \frac{D_g}{2} \omega \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{D_g \pi} \quad (1)$$

ahol, v a heveder (görgő kerületi) sebessége, D_g a görgő átmérője, ω a görgő szögsebessége, f alapharmonikus. A gyakorlatban előforduló hevedersebességeket és görgőátmérőket a 2. táblázat tartalmazza. Azt, hogy melyik sebességhez milyen átmérőjű görgőt választhatunk a szabványok írják elő. A minimálisan szükséges görgőátmérőt meghatározhatjuk a görgő fordulatszámára vonatkozó feltételből, mely az élettartamot befolyásolja.

$$n_{g,max.} \leq 650 \text{ ford./perc} \quad (2)$$

2. táblázat Szabványos hevedersebességek és görgőátmérők

Hevedersebességek [m/s]						Görgőátmérők [mm]							
Min.						Max.	Szállítóágon					Egyéb helyeken	
0,5	1,05	2,23	3,15	4,35	5,3	6,3	Ø89	Ø108	Ø133	Ø159	Ø219	Ø180	Ø250

Fűzésítés esetén (görgők kötéltre fűzve), ha a váz rugalmas, az alapharmonikust és felharmonikusokat közelítőleg a következő kifejezés segítségével határozhatjuk meg.

$$f_i \approx \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{S}{m_c l_0}} \sin\left(\frac{\pi i}{2(n+1)}\right) \quad i = 1,2,3,\dots,n \quad (3)$$

ahol, f_i az i -ik gerjesztőfrekvencia, S kötélterő, m_c görgők redukált tömege, l_0 görgőosztás. Gyakorlatban a következő értékek adódnak: $10 \text{ kN} \leq S \leq 20 \text{ kN}$, $150 \text{ kg} \leq m_c \leq 1000 \text{ kg}$, $0,5 \text{ m} \leq l_0 \leq 2,5 \text{ m}$. Az (1), (2), (3) egyenletek alapján az alapharmonikushoz tartozó gerjesztőfrekvencia tartomány meghatározható, ami kb. 3 - 10 Hz frekvencia tartományba esik. A szalaghíd tervezése során ezt a frekvencia tartományt el kell kerülni, hogy ne alakulhasson ki rezonancia a szalaghíd héjszerkezetében. Ezt feltételként építhetjük be az optimalás során úgy, hogy a körháj sajátfrekvenciája ne essen ebbe a tartományba. Explicit módon, a változók szerint ez a feltétel csak nehezen fejezhető ki, ezért választottuk a lehajlás korlátozási feltételt, mely biztosítja a hég kellő merevségét. A folyamatos üzemen kívül egyéb a szalaghíd héjszerkezetére ható gerjesztőhatások is előfordulnak, mint pl. az indításkor és leállításkor fellépő longitudinális lengések, a

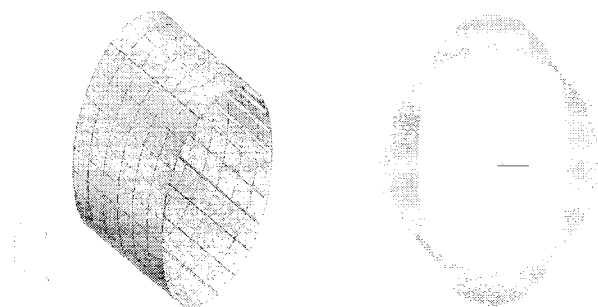
szállított anyag feladásakor és leadásakor keletkező ütközések és tranzverzális jellegű kontinuum lengések. Ezek meghatározására vizsgálatokat kell végezni a megtervezett szalaghíd rendszer esetén.

Optimált hosszbordázott körhéj sajátfrekvenciáinak meghatározása végeselemes módszerrel

Az optimált héjak közül (1. táblázat) a 1,5 ill. 2 költségtényezőjű héjakat vizsgáltuk. A végeselemes vizsgálathoz az ALGOR végeselemes szoftvert használtuk. A héj geometriai adatai az 1. táblázatban megtalálhatók. A modell felépítéséhez háromdimenziós lemezelemeket használtunk és lineáris modellt feltételeztük, az anyag pedig izotrop tulajdonságokkal rendelkezik. A peremfeltételeket a körhéj két végén lévő csomópontjaiba helyeztük el úgy, hogy modellezzék az egyik végén csuklósan, a másik végén pedig görgősen alátámasztott szalaghíd körhéjat. A modell 9648 csomópontot tartalmaz, dekódolás után a lineáris sajátfrekvencia és rezgésalak processzálást indítva a program kb. 3 órát futott egy IBM PC 166 MHz processzorú 32 Mb memóriájú számítógépen. A számítások során az első tíz sajátfrekvenciát határoztuk meg, melyeket a 3. táblázatban foglaltunk össze.

3. táblázat Hosszbordázott körhéj sajátfrekvenciái és rezgés alakjai

Sorszám	Frekvencia [Hz]	Rezgésalak
1.	16,56	Héj deformáció, ovális keresztmetszet
2.	16,57	Héj deformáció, ovális keresztmetszet
3.	30,88	Hajlító frekvencia, függőleges síkban
4.	31,05	Hajlító frekvencia, vízszintes síkban
5.	38,02	Héj deformáció, pszeudo háromszögszerű keresztmetszet
6.	38,02	Héj deformáció, pszeudo háromszögszerű keresztmetszet
7.	41,05	Héj deformáció, ovális keresztmetszet szinuszosan a tengely mentén
8.	41,15	Héj deformáció, ovális keresztmetszet szinuszosan a tengely mentén
9.	41,97	Héj deformáció, pszeudo háromszögszerű keresztm. szinuszosan a tengely mentén
10.	41,99	Héj deformáció, pszeudo háromszögszerű keresztm. szinuszosan a tengely mentén



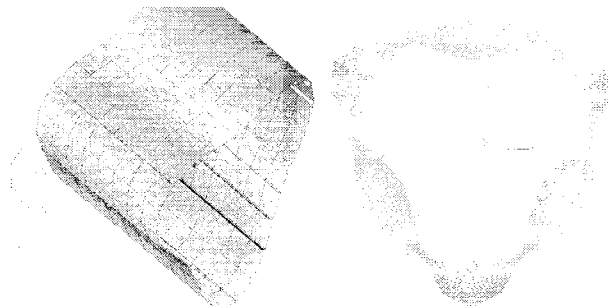
2. ábra Hosszbordázott körhéj első sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak

A 2. ábrán látható az első sajátfrekvenciához tartozó rezgésalak, vagyis mikor a keresztmetszet oválosodik. Az izometrikus nézeten a felénél elmetsett körhéj látható, a mellette lévő képen pedig ez a metszet, a kis körök jelölik a peremfeltételeket, vagyis a tartó két végén a keresztmetszet nem deformálódik. A 3. ábrán láthatók a harmadik ill. negyedik sajátfrekvenciához tartozó rezgéseképek. Az

ábrából kitűnik, hogy ezek a frekvenciák azok, melyek nagysága érdekes ugyanis ezek a függőleges ill. vízszintes irányú keresztlendések. A 4. ábrában az ötödik sajátfrekvenciához tartozó rezgésalakot látjuk. Ezen a sajátfrekvencián való rezgés is csak a keresztmetszet deformációját okozza, mely ekkor egy pszeudo háromszöghöz hasonló alakot vesz fel.



3. ábra Hosszbordázott körhéj harmadik ill. negyedik sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak



4. ábra Hosszbordázott körhéj ötödik sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak

Következtetések

A vizsgálat során kiderült, hogy az általunk optimált hosszbordázott körhenger héj első hajlító sajátfrekvenciái a függőleges ill. vízszintes síkban kb. 30 Hz körül vannak. Ez a tény kellő biztonságot szolgáltat a szalaghidak üzemeltetése során fellépő gerjesztőrezgésekkel szemben, melyek általában 3 - 10 Hz körül vannak. Ha figyelembe vesszük, hogy a szélterhelés gerjesztőfrekvenciája 5 Hz alatt marad akkor az is nyilvánvaló, hogy gerjesztett rezgés a szélteher hatására nem jön létre. A vizsgált első tíz sajátfrekvenciából csak kettő volt keresztirányú lengés, ami a káros rezgések kialakulása szempontjából érdekes. A fennmaradó frekvenciák esetleg a zajhatásoknál játszanak szerepet. A példán egy viszonylag hosszú szalaghidat vizsgáltunk, ami biztosítja azt, hogy kisebb méretű szalaghidak esetén is a lehajlási feltétel alkalmazásával kellően merev lesz a héjszerkezet.

Irodalomjegyzék

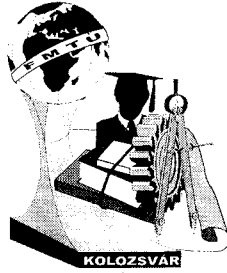
- [1] Liszkai Tamás: *Hossz - illetve gyűrűbordákkal merevített körhenger héjszerkezetű szalaghidak optimális méretezése költségminimumra*, Doktoranduszok fóruma, Miskolci Egyetem 1998.
- [2] American Petroleum Institute: *Bulletin on Stability Design of Cylindrical Shells*, 1220 L Street, Northwest Washington, DC 20005 First edition May 1. 1987.
- [3] Craig Lawrence, Jian L. Zhou, and André L. Tits: *User's Guide for CFSQP Version 2.5*, Institute for Systems Research, University of Maryland, College Park, 1998.
- [4] Németh János: *Szállítószalagoknál alkalmazott görgőfüzér vizsgálata*, Egyetemi doktori értekezés, NME Gépészmérnöki Kar, Miskolc, 1984.

Liszkai Tamás, doktorandusz

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

Tel: +36-46-565111 / 2026, Fax: +36-46-367-828

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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

A Stoner-Wohlfarth modell számítógépes szimulációja

Szabó Zsolt, Iványi Amália

Abstract

Several techniques have been developed for the simulation of the hysteresis phenomena in the magnetic materials. The Stoner-Wohlfarth model is used for vector simulation of the hysteresis characteristics in a nonlinear system. In the material the variation of the thermal or other internal state variables result in motion of the hysteretic system from one metastable state to another one.

The Stoner-Wohlfarth model studies the magnetisation problem as the combination of two different processes, the applied field and the uniaxial anisotropy contribution.

This model is designed as an assembly of noninteracting, small, uniaxial magnetic particles, and therefore it allows an easy representation of the anisotropy, however it does not consider the interaction between the magnetic moments.

Bevezetés

A ferromágneses anyagok kis mágneses tartományokból, doménekből állnak, melyek telítésig mágneseszedtek.

A Stoner-Wohlfarth modell a mágneses folyamatot leírja le, figyelembe véve a mágneses doménekre ható nyomatékok forgását az egyirányú anizotrópiájú anyagban. Ezekkel az elfordulásokkal egyaránt ábrázolhatjuk a reverzibilis és irreverzibilis mágneseszedési folyamatokat.

Ellipszoid alakú részecske mágneseszedése

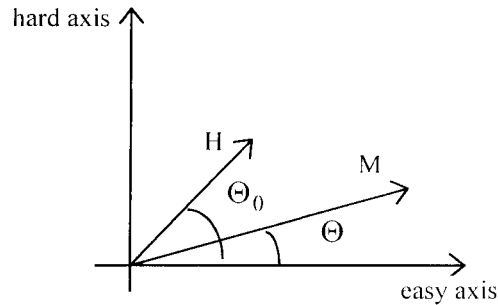
A Stoner-Wohlfarth modell a mágneses anyagot apró részecskéknek tekinti, melyek nincsenek egymással kölcsönhatásban, és amelyek anizotrópiája reprezentálja a belső feszültségeket, a kristályszerkezetet vagy az egyedi alakot. Mindegyik részecske M_s telítésig van mágneseszedve és egy mágneses domént jelképez, amely szabadon foroghat a tér bármely irányában, feltételezve, hogy a domén falai nincsenek jelen.

Tekintsünk egy egyenletesen, telítésig felmágnesezett domént. Ennek a doménnek az M_s mágneses momentuma megváltoztathatja az irányát egy külső mágneses tér hatására, mivel szabadon elfordulhat a sík bármely irányában. Könnyű belátni, hogy a mágneseszedés vektora a gerjesztő tér és a fő mágneseszedési irány által meghatározott síkban található, ahogy azt az 1-es ábrán felvázoltuk.

Az M mágnesezettségű részecske energiáját egyrészt a külső tér energiája, valamint az anizotrópiából származó energia figyelembevételével a következő összefüggéssel lehet megadni:

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

ahol K az anizotrópikus állandó, Θ a fő mágnesezési irány és a mágnesezettség vektora közötti szög, valamint Θ_0 a fő mágnesezési irány és a gerjesztő tér mágneses térerőssége közötti szög.



A.ábra Egyedülálló részecske mágnesezettsége

A fenti egyenlet jobb oldalának első tagja az anizotrópiából származó energiát jelképezi, a második tag az M mágneses momentumnak és az alkalmazott külső mágneses térerősségének a sztatikus mágneses energiáját reprezentálja. A mágnesezettség vektorának helyzete megfelel egy energia minimumnak, amelyet az alábbi egyensúlyi feltételekből tudunk meghatározni:

$$\frac{\partial w}{\partial \Theta} = 0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial^2 \Theta} > 0. \quad (B)$$

Elvégezve a deriválást, bevezetve a ‘kapcsoló’ teret $\alpha = \frac{2K}{\mu_0 M_s}$, valamint a $h = \frac{H}{\alpha}$ normált egységeket, derékszögű koordináta rendszert alkalmazva, azaz bevezetve a $h_x = h \cos \Theta_0$, $h_y = h \sin \Theta_0$ jelöléseket egy negyedrendű egyenletet kapunk

$$\sin \Theta \cos \Theta + h_x \sin \Theta - h_y \cos \Theta = 0, \quad (5)$$

amelynek valós gyökeinek száma kettő vagy négy. Abban az esetben, mikor az egyenletnek két valós gyöke van az (1) energiának egy minimuma van. Abban az esetben, ha az (5) egyenletnek négy valós gyöke van, akkor az (1) energia két minimumának felel meg, ez eredményezi a karakterisztika hiszterézis tulajdonságait.

Miután meghatároztuk a fő mágnesezési irány és az M mágneses momentum közötti Θ szöget, a mágneses momentumnak a H térerősséggel párhuzamos komponensét az alábbi összefüggéssel lehet előállítani:

$$M = M_s \cos(\Theta - \Theta_0) \quad (6)$$

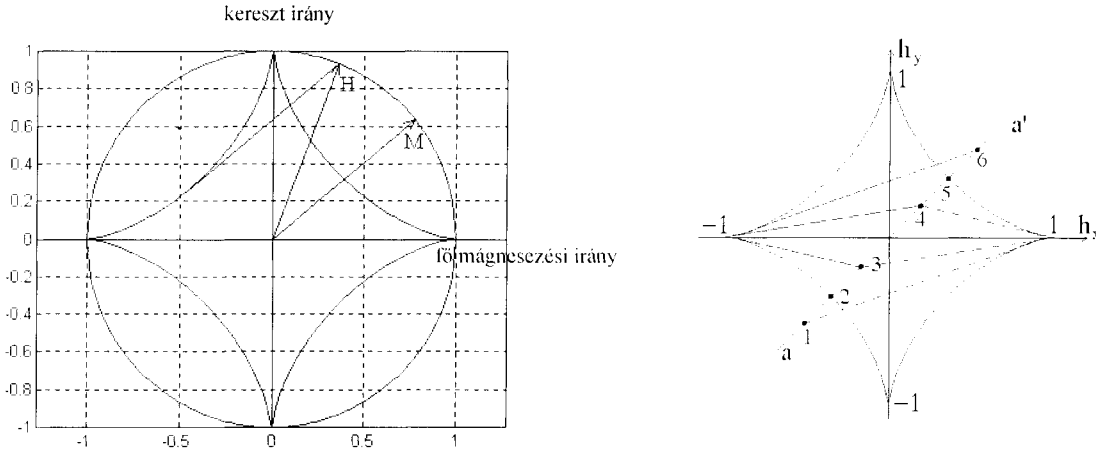
Az energiaminimum fenti két esete által definiált régiók határfelületét a következő feltétel határozza meg

$$\frac{\partial w}{\partial \Theta} = 0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial^2 \Theta} = 0. \quad (7)$$

A második deriváltat képezve a két régiót elválasztó határ egyenlete a következő alakú

$$h_x^{2/3} + h_y^{2/3} = 1. \quad (9)$$

A (9) egy aszteroid egyenlete, amely segít megjeleníteni az aktuális h értékhez tartozó energia minimumot. Mivel egy h gerjesztő tér esetén az energiaminimumnak megfelelő M mágnesezettség iránya, párhuzamos az aszteroid azon érintőjével, amelyik a h ponton megy keresztül, ahogy az a (2) ábrán látható.



B.ábra A két régiót elválasztó aszteroid

C.ábra A $\xi - \xi'$ irányú mágneses tér és a Stoner-Wohlfarth részecske aszteroid görbéje közötti összefüggés

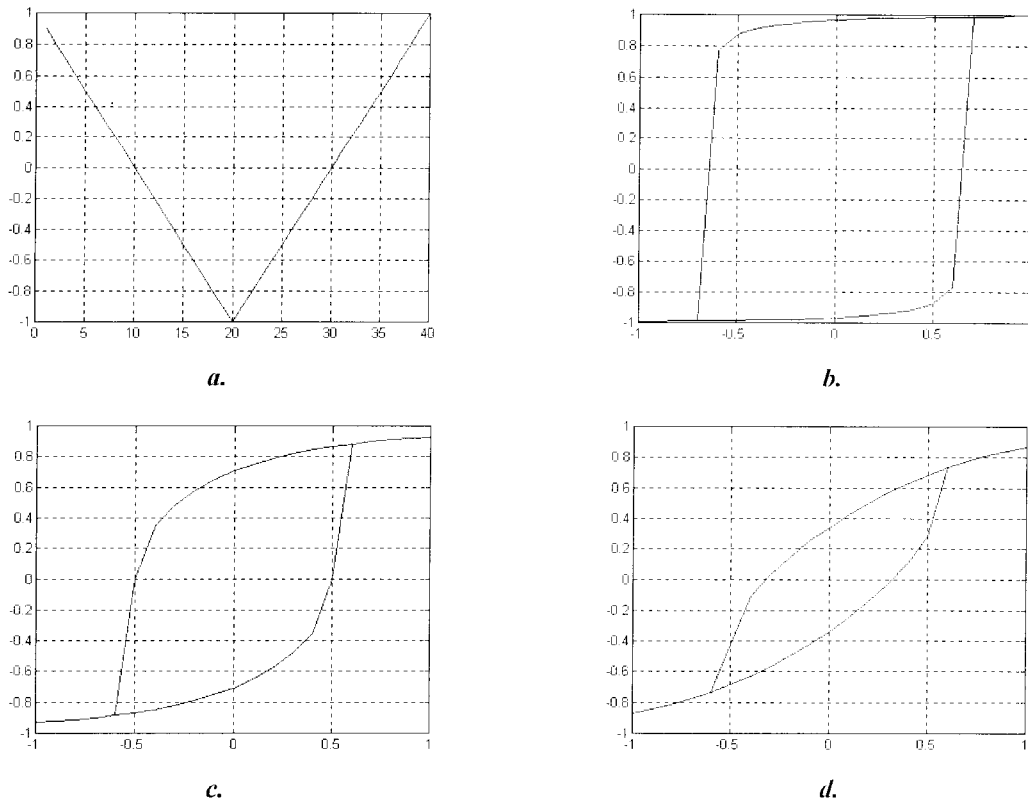
Ha a h mágneses térerősség értéke az aszteroidon kívül található, akkor a lehetséges két érintő közül az felel meg a mágnesezettség egyensúlyi irányának amelyik kisebb szöget zár be a fő mágnesezési iránnyal.

Ha a h mágneses térerősség értéke az aszteroidon belül található, akkor négy érintő van de ezek közül csak kettőhöz tartozik energia minimum.

A Stoner Wohlfarth részecske hiszterézise

Feltételezzük, hogy egy olyan $-h$ és $+h$ között változó mágneses tér hat egy M mágnesezettségű részecskére (doménre), melynek iránya a 3. ábrán vázolt $\xi - \xi'$ egyenes. Kiindulva a $-h$ értékből, melyet az (1) pont jelképez és folyamatosan növelve a mágneses térerősség értékét $+h$ -ig, (6)-os pont, majd újra fokozatosan csökkentve a tér értékét $-h$ -ig a Stoner-Wohlfarth részecske mágnesezettsége egy teljes hiszterézis görbét ír le. Kezdetben az M mágnesezettség egyensúlyi iránya megegyezik az aszteroid jobb feléhez húzott érintő irányával. Amint elérjük az aszteroid határvonalát (5-ös pont), a részecske átbillen egy másik stabil állapotba és ezért ettől a ponttól kezdve a mágnesezettség megváltoztatja irányát, az érintő átkerül az aszteroid jobb feléről a bal oldalra. A mágneses momentum egyensúlyi állapota folyamatosan változik, ha az alkalmazott tér a kinti régióból változik a benti felé. Ha azonban az aszteroid belsejéből kilépünk a külső régióba a mágnesezettség iránya ugrásszerűen változik. Megjegyzendő, hogy a $\xi - \xi'$ egyenes azon pontjaira melyek az aszteroid belsejében található a mágneses momentumnak két stabil állapota van, amelyek a hiszterézis hurok két

különböző ágát jelképezik. A 4 ábrán felrajzoltuk háromszög alakú gerjesztésre különböző $\Theta_0 = 15^\circ$, $\Theta_0 = 45^\circ$ és $\Theta_0 = 75^\circ$ szögek esetén kapott hiszterézis hurkokat a normált térkomponensekre.



4.ábra Különböző irányú (a) háromszög alakú gerjesztő jelre kapott hiszterézis görbék, (b) $\Theta_0 = 15^\circ$, (c) $\Theta_0 = 45^\circ$, (d) $\Theta_0 = 75^\circ$

Konklúzió

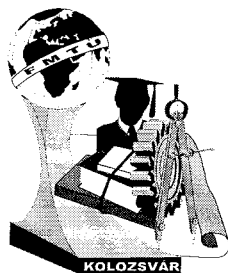
A Stoner-Wohlfarth részecskét egy elemi vektoriális hiszterézis operátornak tekinthetjük. Mindegyik operátornak két állapota van, amelyek megfelelnek a részecske egyensúlyi állapotának. Egy anyag mágnesezettségét úgy tudjuk modellezni, hogy számos különböző pozíciójú Stoner-Wohlfarth részecskét veszünk figyelembe, és az egyedi mágneses momentumok vektoriális összegezésével állítjuk elő a mágnesezettséget.

Referencia

- [1] A. Iványi, Hysteresis Models in Electromagnetic Computation, Akadémia Kiadó, Budapest, 1997.
- [2] G. Bertotti, Hysteresis in Magnetism, Academic Press, NY, 1998.
- [3] I.D. Mayergoyz, Mathematical models of hysteresis, Springer, Berlin, 1991.

Köszönetnyilvánítás A Szerzők köszönetüket fejezik ki mind a Román, mind a Magyar államnak a posztgraduális ösztöndíjért.

Név/tudományos fokozat: Szabó Zsolt, okl. villamosmérnök, PhD hallgató
 Munkahely/cím: Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosság-tan Tanszék,
 Egrý József utca 18. H-1521 Budapest, Hungary.
 Telefon/Fax, E-mail: (36 1) 463 2914, (36 1) 463 3189, szabo@evtszl.evt.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Toroid alakú vasmagot tartalmazó tekercs mágneses veszteségei

Szabó Zsolt, Iványi Amália, Fűzi János, Székely Gyula

Abstract

In the modern measurement techniques, the computer can be applied to develop and realise the measurement tools for hysteresis loop in magnetic materials. Thus the computer can represent a virtual instrument and in this way the measurement can be automated. For realisation of virtual instrument in this investigation the LabView program package had been introduced. This virtual instrument read a specified number of data from the input channel, realise a delayed acquisition, use the hardware clock for control of sample rate. [1], [2].

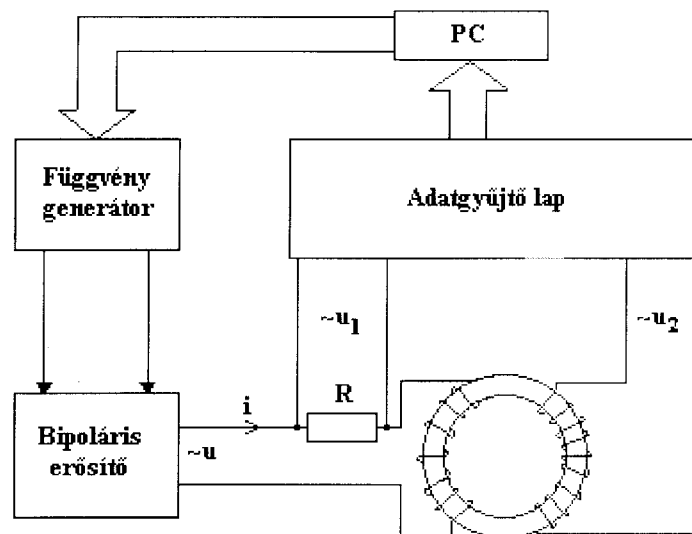
The coil with ferromagnetic cores, exposed by different shaped of currents, produces several effects. Because of the magnetic flux density appears in the cores with values in the nonlinear regions of the magnetisation characteristics $B-H$, this produce results in variation of the permeability, the coil behaves as an nonlinear element, [3], [4], [5]. The time variation of the magnetic induction produces heat losses in the ferromagnetic cores. The ferromagnetic energy which is transformed into heat in a unit time represents the hysteresis loss, indicated by the magnetisation process. The variation of the magnetic induction produces eddy currents in the ferromagnetic cores. These eddy currents through the Joule effect generate losses which can be represented as the classical eddy current losses.

Bevezetés

A mérnöki gyakorlatban, a mágneses veszteségek becslése igen fontos lépés a mágneses köröket tartalmazó készülékek tervezésében. Ebben a dolgozatban bemutatunk egy mérési módszert, melynek segítségével becsülhetjük ezeket a veszteségeket. A modern mérési technikában a számítógépet úgy használjuk, mint egy mérőműszert, ennek segítségével mérhetjük a mágneses anyagok histerézis görbéit, tehát a számítógép egy virtuális mérőműszerként viselkedik, az egész mérési folyamatot automatizálhatjuk. A mért histerézis karakterisztikák segítségével kiszámíthatjuk a veszteségeket a toroid alakú vasmagot tartalmazó tekercsben.

A mérési elrendezés

A mérés elrendezését az 1. ábra tartalmazza. Ez három fő részből áll: a kimenetből, a készülékekből és a bemenetből. A kimeneti rész tartalmaz egy függvénygenerátort, amelyet a számítógép segítségével vezérelhetünk, és egy bipoláris erősítőt a kimeneti áramjel erősítésére. A használt függvénygenerátor frekvenciakálaja $100 \mu\text{Hz}$ és 1 MHz között változik, a rezolúciója $100 \mu\text{Hz}$ és GPIB buszon keresztül vezérlhető. Az eszközök rész tartalmazza a ferromágneses tekercset, egy etalon ellenállást, valamint a szükséges software-t. A toroid alakú ferromágneses vasmag azonosító száma RF60. Az etalon ellenállás értéke $R=1\Omega$, így az ellenálláson mért feszültség értéke egyenlő a rajta keresztül folyó áram értékével. A bemeneti rész az adatgyűjtő lapot tartalmazza. Ez egy teljesen plug and play kompatibilis, analog/digitális multifunkcionális lap. A számítógép egyrészt vezérli a függvénygenerátort, beállítva a kimenő jel alakját, amplitúdóját, frekvenciáját stb., másrészt konfigurálja az adatgyűjtő lapot, elvégzi az adatok beolvasását, valamint a szükséges számításokat.



1. ábra A mérési elrendezés

A hiszterézis karakterisztika mérése

A mérések elvégzéséhez az adatgyűjtő lap két csatornáját használjuk. Ennek a két csatornának a segítségével egyszerre két feszültséget fogunk beolvasni, az etalon ellenálláson és a toroid alakú ferromágneses tekercs kimenetén mért feszültségeket.

A hiszterézis karakterisztika meghatározásához a függvénygenerátor által szolgáltatott jel szinuszos alakú [8], [9],

$$u(t) = U_i \sin(\omega t) . \quad (1)$$

A tekercs árama egyenlő az R etalon ellenálláson mért feszültség értékével, (mivel ennek értéke 1Ω), A forgási szimmetriából következik, hogy a tekercs erővonalai körök. A gerjesztési törvényt egy erővonalra alkalmazva a tekercs mágneses térerősségének kifejezése

$$H_0 = \frac{N_1 \dot{i}_1}{\lambda} = \frac{N_1}{R\lambda} u_1, \quad (2)$$

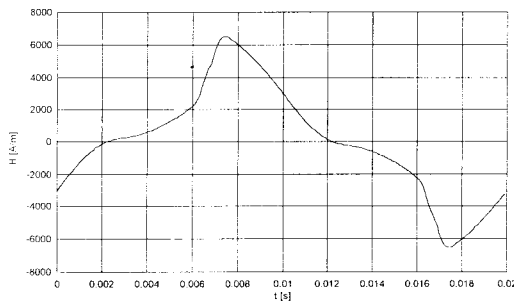
ahol i_1 a bemeneti áram, H_0 a mágneses térerősség, u_1 az etalon ellenálláson mért feszültség, N_1 a primer tekercs menetszáma, λ a közepes sugár. A tekercs mágneses indukcióját a közepes sugáron a kimeneti u_2 , feszültség segítségével határozhatjuk meg

$$u_2 = -\frac{d\Psi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}, \quad (3)$$

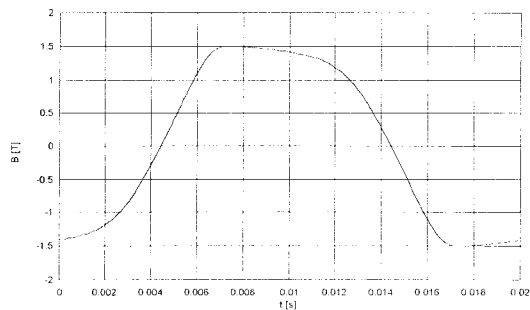
ahol N_2 a szekunder tekercs menetszáma, S a tekercs keresztmetszetének felülete. A B mágneses indukciót a teljes mágnesezési ciklusra vett integrállal számítsuk ki, a C integrál állandót a fő hiszterézis hurok szimmetria feltételéből határozzuk meg,

$$B = -\frac{1}{N_2 S} \int u_2 dt + C. \quad (4)$$

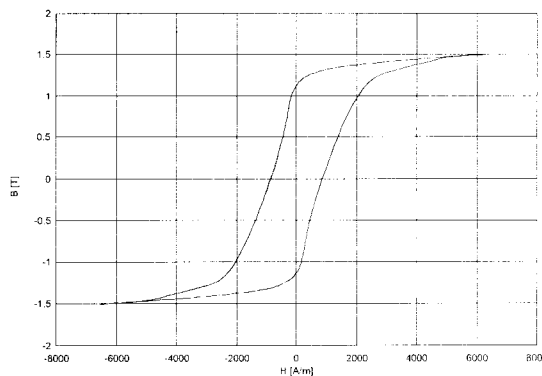
A 2. ábrán néhány karakterisztikát mutatunk be, melyeket a mért feszültségek segítségével számított a virtuális mérőműszer. A 2. a ábra a mágneses térerősség, a 2. b ábra a mágneses indukció időbeli változását, a 2.c ábra a hiszterézis karakterisztikát mutatja be abban az esetben, mikor a vasmag telített.



a) a mágneses térerősség időbeli változása



b) a mágneses indukció időbeli változása



c) a hiszterézis karakterisztika

2.ábra A mért adatok és a hiszterézis karakterisztika

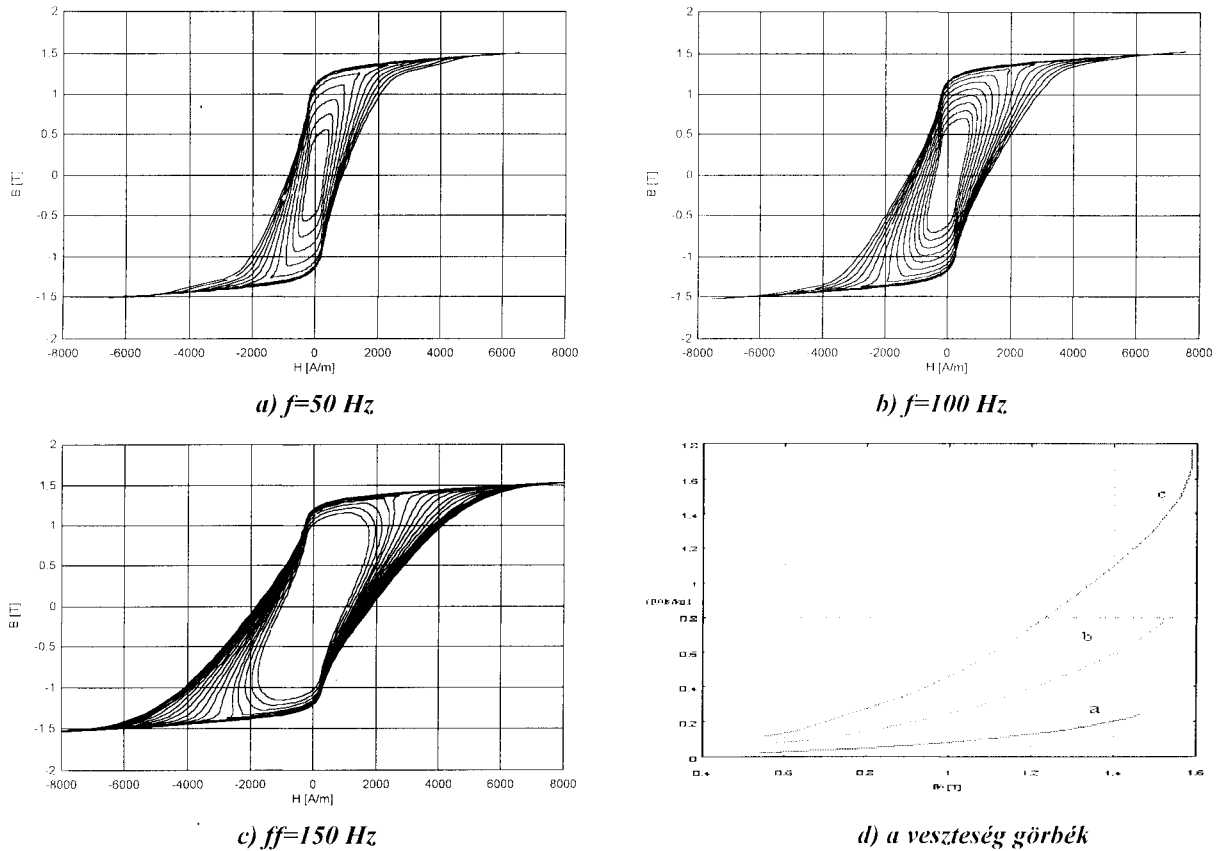
A mágneses veszteségek számítása

A dinamikus mágnesezési karakterisztikákat növekvő feszültség amplitúdókra különböző frekvenciákon ábrázoltuk. A 3. a, b, c ábrán $f=50, 100$ és 150 Hz frekvenciákra mért dinamikus

histerézis karakterisztikák láthatók. Az adott térfogatban fellépő p veszteségeket a következő összefüggés segítségével számítjuk:

$$p = f \int_{\Gamma} HdB \quad (5)$$

ahol f a frekvencia, H a mért mágneses térerősség, B a mért mágneses indukció. A 3. d ábrán a mágneses veszteségek változása látható.



3. ábra Dinamikus histerézis karakterisztikák, és ezekre számolt veszteség görbék

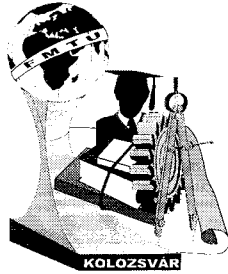
Konklúzió

A mért adatok és a számolt veszteségek megmutatják az örvényáramok hatását. Ezt megfigyelhetjük a fenti dinamikus histerézis karakterisztikákon. Növelve a frekvenciát, az örvényáramok hatására a histerézis karakterisztikák szélesednek. Mivel a veszteségek arányosak a histerézis hurkok területével, a frekvencia növekedésével ezek is nagyobbak lesznek.

Referencia

- [1] National Instruments, *LabView Data Acquisition Basics Manual*, Edition Part Number 320997B01, 1997.
- [2] A. Iványi, Zs. Szabó, Losses in Rotational Magnetic Field, *Proceedings of the 5th Japan-Hungarian Joint Seminar on Applied Electromagnetics in Materials and Computational Technology*, Budapest, Hungary, 1998, pp. 41-44.

Név/tudományos fokozat: Szabó Zsolt, okl. villamosmérnök, PhD hallgató
 Munkahely/cím: Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék,
 Egry József utca 18. H-1521 Budapest, Hungary.
 Telefon/Fax, E-mail: (36 1) 463 2914, (36 1) 463 3189, szabo@evtszl.evt.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Az ellenállásponthegesztés metallográfiai vizsgálatokra alapozott optimalizálása

Szabó Péter

Abstract

This paper contains the results of a research work, in which the results of metallographic examinations were used in optimisation of the technology of resistance spot welding. The task of the work was to determine the effects of the welding parameters for the final strength, the characteristics of the joint, and to explore the potential defects of joint. Further task was to examine the texture of the joint and the HAZ. The final aim was to introduce the forming of weld.

Bevezetés

Vékonylemezek alkalmazásánál az ellenállásponthegesztés egyike a legtisztább és legtermelékenyebb hegesztő eljárásoknak, annak ellenére, hogy az egyik legnagyobb hátránya, hogy a létrehozott kötést roncsolásmentes vizsgálattal nehezen lehet megbízhatóan vizsgálni. Azért, hogy a gyártók elkerüljék a szerkezetek törését, általában több hegesztett kötést alkalmaznak, mint ami szükséges lenne akkor, ha a kötések megbízhatóbbak lennének. Annak érdekében, hogy biztosítsuk az eljárás egyenletességét, az elektród végeket tökéletesre kell munkálni, aminek az eredménye a hatékonyság csökkenése. Az utóbbi időben használt minőségbiztosítási előírások azt tüzték ki célul, hogy az áramot akkor kell kikapcsolni, amikor a fröcskölés megjelenik, ez volt a roncsolásos vizsgálatok eredménye. Ezen vizsgálatok csak megfelelő számú minta esetén alkalmazhatóak, amelyben ugyanakkor nagy lehet a hibás varratok száma.

Célkitűzés

A dolgozat célja az volt, hogy meghatározzuk az egyes paraméterek végső kötészakialakításra gyakorolt hatását és a varratjellemzőket, illetve feltárjuk az esetleges kötészakialakításokat. Célul tűztem ki továbbá a varrat és a hőhatásövezet szövetszerkezetének vizsgálatát és a következtetések levonását. Végső célom pedig az ellenállásponthegesztett kötés kialakulási folyamatának bemutatása volt. Az eredmények

kiértékelése után képet kapunk a hegesztési paraméterek jelentőségéről, amiket a technológia optimalizálásánál figyelembe kell venni.

A vizsgálatok körülményei

Makroszkópi- és mikroszkópi vizsgálat céljára, a lemezekre merőleges és a pontvarrat középpontján átmenő vizsgálati felületű csiszolatot készítünk. A felületet csiszolással, polírozással és maratással hozzuk vizsgálatra alkalmas állapotba. A makroszkópi vizsgálat célja a durva kötéshibák (repedés, porozitás, szivódási üreg), illetve a varratjellemzők (pontvarrat méretei, az elektróda benyomódása) meghatározása. A mikroszkópi vizsgálat lehetővé teszi a pontvarrat és a hőhatásövezet szövetszerkezetének vizsgálatát.

Elméleti háttér

Amikor a lágyacélt nagyon intenzív hevítésnek, illetve hűtésnek tesszük ki, akkor a szerkezetben nincs észrevehető változás egészen addig, amíg a hőmérséklet el nem éri az eutektoidos hőmérsékletet (kb. 723 °C). Ezen hőmérséklet fölött ausztenit kezd formálódni a perlit szemcsékben, amely gyors hűtés esetén martenzitté alakul át. A ferrit-ausztenit fázisátalakulási hőmérséklet fölött a proeutektoidos ferrit finomodik a hőciklus hatására. Még nagyobb hőmérsékleten a karbon diffúziója a formálódó perlit szemcsékből a környező ausztenitbe történik, majd az ausztenit szemcsenövekedése megy végbe. Ez addig folytatódik, amíg a szolidus hőmérsékletet elérjük, és az olvadás megkezdődik. A gyors hőciklus alatt végbemenő metallurgiai változások elsősorban a hőmérséklet-maximum elérésétől függenek. A szövetszerkezet vizsgálata a hőciklus után lehetővé teszi, hogy megbecsüljük, hogyan lehet a hőmérséklet-maximumot minden pontban elérni, azaz túllépni az eutektoidos hőmérsékleten.

Kísérleti eredmények

A kísérletek elvégzése után a próbatesteket mikroszkópi- és makroszkópi vizsgálatoknak vetettük alá. Azt vizsgáltuk, milyen mértékben befolyásolják a heglencse kialakulását a hegesztési paraméterek. Jelen dolgozat a hőbevitelt leginkább meghatározó faktor, a hegesztési áramerősség hatásának vizsgálati eredményeit tartalmazza.

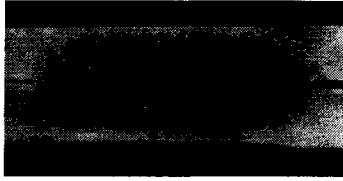
Az 1. ábra egy olyan kötést mutat, ahol nem alakult ki teljesen a heglencse. A kötés jellemzői:

- Az összefüggő hegpont kialakulásához nem volt elegendő a hőbevitel.
- Az elektród-benyomódás alig vehető észre.

A 2. ábra valamivel nagyobb hőbevitel eredményét mutatja. Jellemzői:

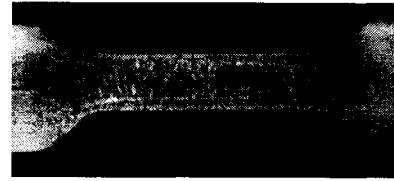
- A heglencse tökéletesen kifejlődött és jelentősen elvékonyodott.
- Mély elektród-benyomódás figyelhető meg.
- A lemezek között megjelenik a fröcskölési nyom.
- Mintha a heglencsén kívül, a hőhatásövezetben is összehegedtek volna a lemezek.

- Fontos továbbá, hogy az elektród alakjának negatívja pontosan látható a lemez felületén.



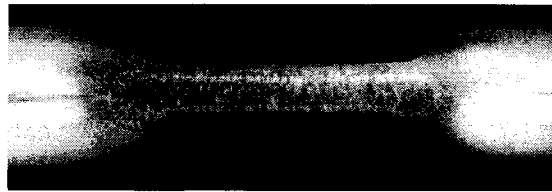
1. ábra

Pontheesztett kötés alacsony áramerősség alkalmazásával



2. ábra

Pontheesztett kötés közepes áramerősség alkalmazásával



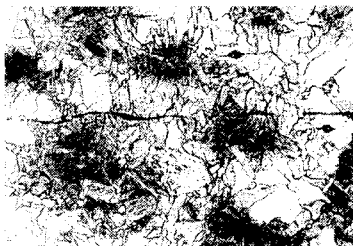
3. ábra

A hegesztett kötés kialakulása nagy áramerősség alkalmazása esetén

A 3. ábra nagy áram alkalmazásával összeheesztett kötésről készült. Ezen az ábrán a következők figyelhetők meg:

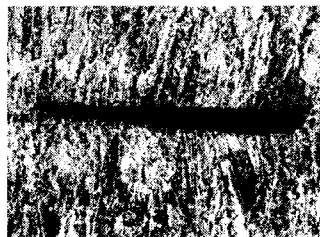
- A heglencse még jobban elvékonyodik.
- A hőhatásövezet szélesedik.
- Jelentős fröcskölés maradványai figyelhetők meg.
- A hőhatásövezetbeli összehegedés itt jobban megfigyelhető.
- A benyomódásból arra lehet következtetni, hogy az elektród jelentősen deformálódott. (A hegesztés alatt egyébként hozzáhegedt a lemezhez).

Mint az már az 1. ábrából is kiderült alacsony hegesztési áramerősség, vagy nagyon rövid hegesztési fődő alkalmazása esetén, a nem elegendő hőbevitel miatt a heglencse nem tud teljes mértékben kialakulni. Az említett esetekben a lágyulás és a megolvadás helyi érintkezési pontokon keresztül jön létre (4. ábra).



4. ábra

Az érintkezési pontok megolvadása



5. ábra

A heglencse kialakulása



6. ábra

Fröcskölési nyom a lemezek között

Korábbi kutatások arra mutattak rá, hogy ezen „szigetek” a szakítás után ridegtörési pontokként figyelhetők meg. Ennek magyarázata a nagyon nagy helyi oxigéntartalom lehet, amelyet a felületi oxidréteg abszorpciója okoz, és amely belekerül a kisméretű megömlött zónába.

Az áramerősség növelésével a heglencse kezd kialakulni. A már előbb bemutatott 1. ábra mikroszkópi felvételén (5. ábra) már látható, hogy a középső rész még nem olvadt össze teljesen. A kerületen kezdődő megolvadás annak az eredménye, hogy az érintkezési terület legkülső felülete van a legkisebb háromtengelyű kényszer alatt. Ezért ez a felület alakul majd a legkönnyebben és így egy alacsony ellenállású áramutat fog jelenteni.

Jelentős hőbevitel esetén pedig a fröcskölés jelensége lép fel, melyet a 6. ábra mutat.

Összefoglalás

A mikro- és makroszkópi vizsgálatok eredményei alapján láthatóak az egyes paraméterek végső kötéskialakításra gyakorolt hatásairól a következők állapíthatók meg:

- A tökéletes lencse-kialakuláshoz megfelelő mennyiségű hőbevitelre van szükség.
- Túlzott hőbevitel ugyanakkor jelentős benyomódást, fröcskölést, sőt az elektród deformációját is okozhatja.
- A szövetszerkezeti képen jól látható, hogy a lágyulás és a megolvadás helyi érintkezési felületeken keresztül jön létre.
- A heglencse kialakulása az érintkezési terület széléről befelé történik.

Irodalomjegyzék

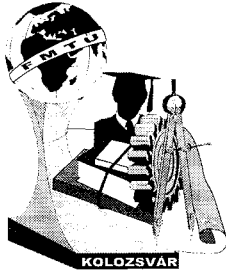
- [1] Bentley, K. P., Greenwood, J. A., Knowlson, P. McK., and Backer, R. G. 1963. Temperature distributions in spot welds. *British Welding Journal* 10(12), pp.:613-619.
- [2] J. E. Gould: An Examination of Nugget Development during Spot Welding, Using Both Experimental and Analytical Techniques, *Welding Journal*, 1987. Jan, pp.:1s-10s
- [3] Cho, H. S., Cho, Y. J., 1989. A study on the thermal behaviour in resistance spot welds. *Welding Journal* 68(6), pp.:236s-244s
- [4] H-F. Henrysson, F. Abdulwahab, B. L. Josefson, M. Fermer: Residual Stresses in Resistance Spot Welds, *Fatigue Design* 1998, Vol. I., Espoo, Finland, 26-29 May, 1998., pp.:179-190.

Szabó Péter, doktorandusz

Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

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

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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Atomsíkok elcsúszásakor bekövetkező hőmérséklet változás felületen középpontos kristályrács esetén

Dr. Szabó Ottó, Gurzó József

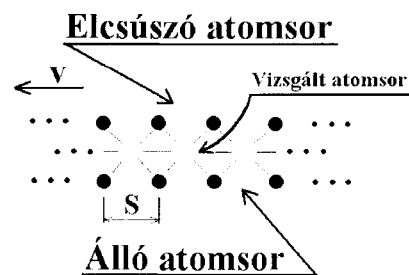
Bevezetés

A forgácsoló megmunkálás azon alakadó megmunkálások közé tartozik, amelyeknél az alakadás (forgácsleválasztás) során rendkívül nagy hő fejlődik az alakítás közvetlen közelében.

Ismeretes, hogy a hőmérséklet keletkezésének egyértelműen az az oka, hogy az alakítás során kristálytani síkok elmozdulnak, elcsúsznak egymáson. A gázok kinetikai vizsgálata során láttuk, hogy annál nagyobb az atom "hőmérséklete" minél nagyobb a sebessége, vagyis a képlékeny alakítás során az egymáson elcsúszó kristálytani síkok közvetlen közelében meg kell nőnie az atomok rezgési sebességének [1, 2 ,3].

Kristálytani síkok elcsúszásának vizsgálata

A [4] publikációban a kristálytani síkok elcsúszásához az 1. ábrán látható modellt használtuk fel.

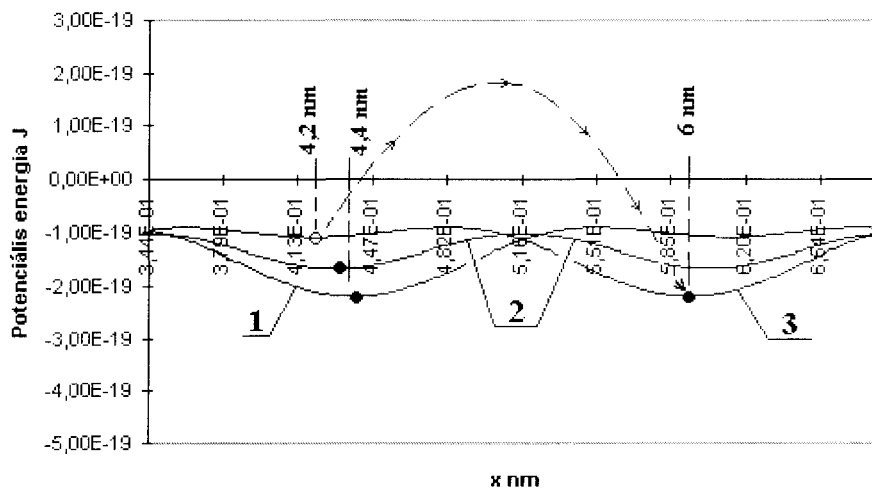


1. ábra Kezdeti állapot

A 1. ábra egy csúszási síkra merőleges metszetet mutat, mely metszet tartalmazza az elcsúszás irányát. Az ábrán három atomsor látható, melyek közül az alsó atomsort állónak képzeljük el, a felső atomsort pedig az elmozdulónak, elcsúszónak. A 1. ábra segítségével a középső atomsor atomjaira jellemző mennyiségeket (potenciál, erő, sebesség, rezgési amplitúdó, stb.) vizsgáltuk. A 1. ábrán a vékony vonalak a középső atomok közvetlen szomszédait tüntetik fel. "S"-sel jelöltük az elemi csúszási távolságot. Az elemi csúszási távolság minden csúszási síkra jellemző mennyiség és azt a

távolságot adja meg, amellyel el kel csúsznia az egyik atomsíknak (elcsúszó atomsor) a másikhoz képest (álló atomsor) ahhoz, hogy ugyanaz a potenciál tér alakuljon ki, mint az eredeti állapotban.

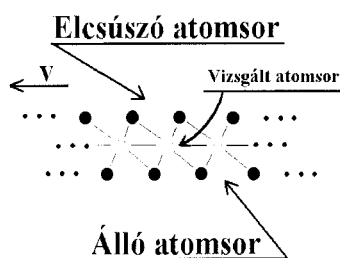
A [4] publikációban láttuk, hogy ha az "S" távolság felével elcsúszik a mozgó atomsor, akkor érdekes jelenségnek lehetünk szemtanúi, mely megmagyarázza az atomsíkok egymáson való elcsúszásakor bekövetkező hőmérsékletnövekedést. A 2. ábra a jelenség körüli potenciál tér alakulását, változását mutatja. Az 1. és 2. számú görbék esetén a vizsgált atom egyensúlyi helyzete 4,4 nm körüli, addig a 3. számú görbe (S/2-nél nagyobb elcsúszás) esetén az egyensúlyi helyzet 6 nm körüli, nem pedig 4,2 nm körüli, mint ahogyan azt várnánk.



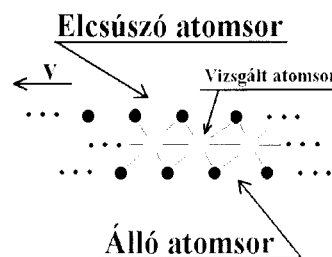
2. ábra A vizsgált atom potenciális energiájának a változása az elcsúszás során

Ez annak köszönhető, hogy - az ábrából látható - a 4,2 nm körüli helyzet nagyon instabil (a potenciális energia kicsi), ezért az atom a stabilabb 6 nm körüli egyensúlyi helyzetbe fog kerülni, ahol bár nem hat túl nagy erő a kezdeti állapothoz képest (1. ábra), mégis igen nagy sebességre tehet szert, mivel "hosszú" távolságon keresztül gyorsul az újabb egyensúlyi helyzete (6 nm) eléréséig.

A 3.a ábra az "átugrás" előtti, míg a 3.b ábra az "átugrás" utáni atomok közötti kapcsolatot mutatja.



3.a ábra "Átugrás" előtti szomszédok



3.b ábra "Átugrás" utáni szomszédok

Természetesen minden egyes további "S" értékkel való elcsúszásakor egyre nagyobb sebességre tesz szert az álló és elcsúszó atomsor közötti atomok mindegyike és így a hőmérsékletük is egyre nagyobb lesz.

Megállapítottuk, hogy:

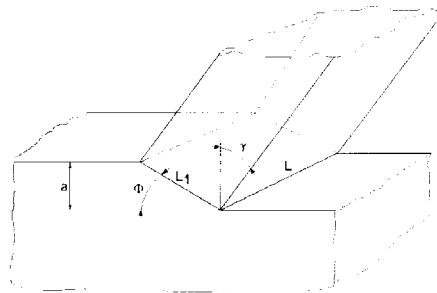
- A képlékeny alakítás során bekövetkező hőmérsékletváltozás oka, hogy az elcsúszó atomsor és álló atomsor közötti atomsor mozgási energiája minden egyes S távolsággal való elcsúszás során megnő.
- A vizsgált atom síkjában lévő atomok az elcsúszás során könnyebben változtatják meg a szomszédait, könnyebben tudnak vándorolni a kristályrácsban - különösen akkor, ha valamely szomszédjuk rácshiba miatt hiányzik - , mely megkönnyíti magát az alakváltozást.
- Minél nagyobb mértékben alakítjuk az anyagot, annál nagyobb hőmérséklet növekedést kell tapasztalnunk.

A felületen középpontos kristályrács csúszási rendszere

A [4] publikációban egy felületen középpontos kristályrács (réz) csúszási rendszerét megvizsgáltuk abból a szempontból, hogy hogyan változik a hőmérséklet és a csúszáshoz szükséges erő az $(1\ 0\ 0)$ sík $[1\ 0\ 1]$ iránya, az $(1\ 1\ 0)$ sík $[\bar{1}\ 1\ 0]$ és az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ 0\ 1]$ és $[\bar{1}\ \bar{1}\ 2]$ iránya mentén. Megállapítottuk, hogy a felületen középpontos köbös kristályrács elsődleges csúszási rendszere az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ 0\ 1]$ iránya, majd az $(1\ 1\ 0)$ sík $[\bar{1}\ 1\ 0]$ iránya, majd az $(1\ 0\ 0)$ sík $[1\ 0\ 1]$ és végül az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ \bar{1}\ 2]$ csúszási irány. Ezek az eredmények tökéletesen egyeznek az eddigi ismeretekkel.

Közelítő számítási példa

Vizsgáljuk meg a 4. ábrán látható egyszerű forgácsolási modellt, pontosabban a forgácstövet.



4. ábra Egyszerű forgácsolási modell.

Az $L_1 \times L$ területű, egyszerűség kedvéért síknak feltételezett csúszási síkban összesen:

$$Q = N \cdot M \cdot \frac{\Delta L_1}{S} \cdot \Delta U \quad (1)$$

hőenergia keletkezik, ahol N az L_1 , M az L egyenes mentén elhelyezkedő atomok számát jelöli - vagyis $N \times M$ megadja a csúszási síkban lévő atomok számát -, ΔL_1 az Δt idő alatt megtett távolságot, míg S a csúszási távolságot jelöli. ΔU az átbillenéskor nyert mozgási (hő-)energiát jelenti.

Jelöljük az egységnyi távolság ("S") megtétele után az átugrások számát D -vel, vagyis:

$$Q = D \cdot \Delta L_1 \cdot \Delta U \quad (2)$$

Írjuk fel a csúszáshoz szükséges teljesítményt:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{D \cdot \Delta L_1 \cdot \Delta U}{\Delta t} = D \cdot \Delta U \cdot \frac{\Delta L_1}{\Delta t} = D \cdot \Delta U \cdot v_{cs} \quad (3)$$

ahol, v_{cs} a csúszási sebességet jelenti a csúszósíkban.

A forgácsoló erő a következő képlettel számítható:

$$F = \frac{P}{v} = D \cdot \Delta U \cdot \frac{v_{cs}}{v} \quad (4)$$

Ha a fogásmélység (L) 1 mm, az előtolás (a) 0,1 mm a homlokszög (γ) 5° és a csúszási sík hajlásszöge (Φ) 30° , akkor a D értéke kb.: 10^{22} 1/m. A csúszási sebesség és a forgácsoló sebesség aránya ezekkel az adatokkal legyen közelítőleg 1,1, ekkor a forgácsolóhoz szükséges erő a következő lesz:

$$F_{\{111\}(\bar{1}\bar{1}2)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{111\}(112)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 5,15 \cdot 10^{-20} = 567N \quad (5)$$

$$F_{\{100\}(101)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{100\}(101)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 2,23 \cdot 10^{-21} = 24,5N \quad (6)$$

$$F_{\{110\}(\bar{1}10)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{110\}(\bar{1}10)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 1,91 \cdot 10^{-21} = 21N \quad (7)$$

$$F_{\{111\}(\bar{1}01)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{111\}(\bar{1}01)} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 8 \cdot 10^{-22} = 8,8N \quad (8)$$

Annak a statisztikai valószínűsége, hogy a csúszás az $\{111\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}\bar{1}2 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 13%, annak, hogy $\{100\}$ síkcsalád $\langle 101 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 22%, annak, hogy csúszás az $\{110\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}10 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 22% és végül annak, hogy az $\{111\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}01 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 43%.

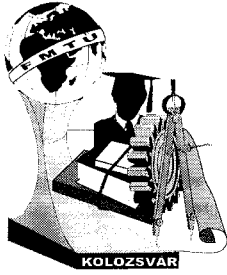
Ha súlyozzuk ezekkel a számokkal az (5, 6, 7, 8) képletek eredményeit, akkor azt kapjuk, hogy átlagosan közelítőleg **88 N** forgácsoló erőre lenne szükség. A valóságban egy ilyen keresztmetszet forgácsolása réz esetében kb. **100 N** körüli.

Megállapíthatjuk, hogy ez 10% körüli különbség első közelítésben jó eredményt ad. A kutatómunka az F19105. és 1960014. sz. OTKA támogatásával készült

Irodalom

- [1] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Computer Modelling of Microcutting Process, CAMP'94, Budapest, September 13-15, 1994, pp. 130-137.
- [2] SZABÓ, O.: Szinesfémek forgácsolási folyamatának vizsgálata mikron közeli tartományban. OTKA 2361/91. sz. munkában: GURZÓ, J.: "Egykristályok ultraprecíziós forgácsolásának számítógépes szimulációja" fejezet.
- [3] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Variation of Temperature Due to the Glinding of Atomic Planes, IX. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1996. szeptember 3-5. pp. 307-312.
- [4] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Jellemző kristálytani síkok elcsúszásakor bekövetkező hőmérséklet változás felületen középpontos kristályrács esetén, microCAD '97 Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos Konferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1997. február 26. pp. 7-12.

Dr. Szabó Ottó egy. docens, műszaki tudomány kandidátusa, Ph.D., Miskolci Egyetem, Gépábrás-technológiai Tanszék, Miskolc-Egyetemváros, Magyarország, E-mail: ggytszo@gold.uni-miskolc.hu
 Gurzó József okl. gépészmérnök, doktorandusz, VAMAV Vasúti Berendezések Kft., Gyöngyös, Magyarország, E-mail: gurl102@freemail.c3.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Alumínium és ötvözeteinek forrasztása korrozív hatás nélkül

Majoros Zoltán

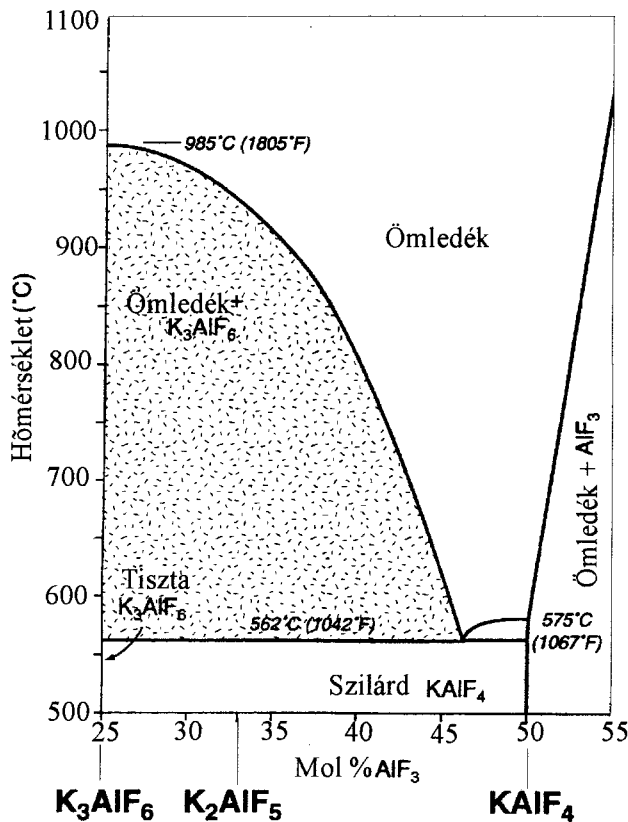
Now, the preferred aluminum brazing process for demanding automotive and industrial applications is being adopted, worldwide, for its superior performance in the production of heat exchangers and a variety of other products. NOCOLOK[®] flux brazing is ideally suited for the large scale joining of Aluminum heat-exchangers. The flux and its residue are non-corrosive and non-hygroscopic. NOCOLOK[®] flux is easily applied by spraying 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. Complete product designs, continuous production, and a variety of alloy selections make the NOCOLOK[®] flux brazing process the preferred choice for automotive and other industrial applications.

A forrasztás az egyik legrégebbi kötési mód, bár mint kötéstechológiát még ma is gyakran alábecsülik. A forrasztás alapelve egyszerű: olvadt forrasztanyagot használ, mely lehűlve kötést alakít ki a kötendő elemek között. 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 $K_{1.3}AlF_{4.6}$), 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 $562\text{ }^\circ\text{C}$. Ha a folyasztószer eltér az eutektikus

vegyülettől, vagy más elemeket is tartalmaz, mint például SiO_2 , NaF és CaF_2 , az olvadáspont $\pm 5\text{-}10\text{ }^\circ\text{C}$ -al eltérhet. Az olvadáspont tartománya ennek megfelelően $562\text{-}575\text{ }^\circ\text{C}$ [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].



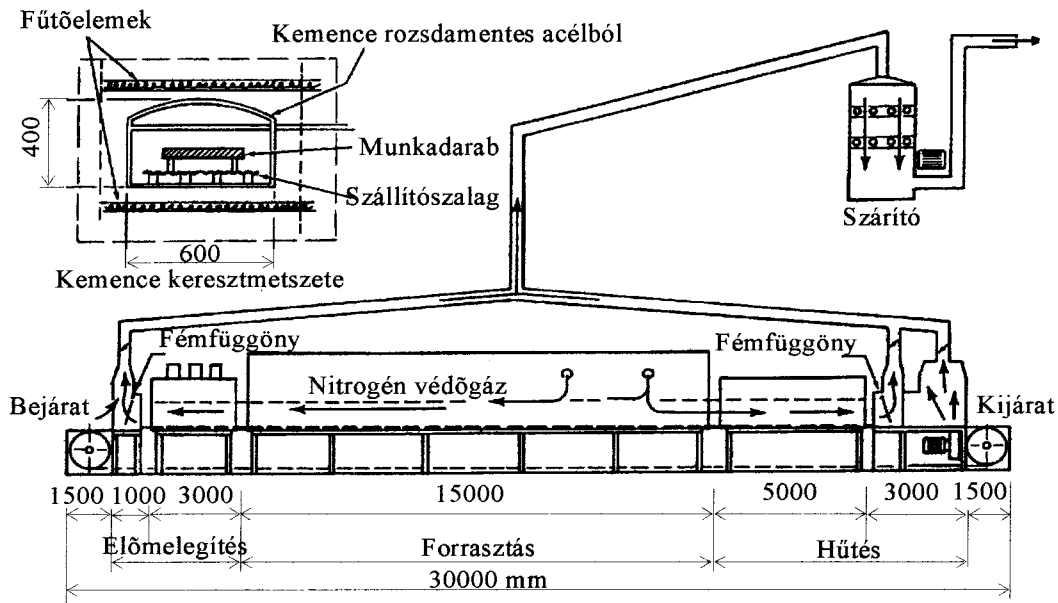
1.ábra.

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 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 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 különbség 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.

Kemenceforrasztásnál szakaszos és folyamatos (ez elterjedtebb, és termelékenyebb) kemencét alkalmaznak N_2 védőgázzal. A NOCOLOK forrasztási eljárás folyamatos kemencében történő megvalósítását a 2. ábra szemlélteti. A kemence szállítóbességét, a hőmérsékleti zónákat, és a N_2 áramlást a kemence gyártója határozza meg a termék súlyának, kialakításának és darabszámának függvényében. Az optimális folyamat eléréséhez a forrasztási feltételek a következők: (a) folyasztószer

mennyisége a munkadarab felületén 5 gr/m^2 ; (b) N_2 védőgáz ; (c) harmatpont $-40 \pm 5^\circ\text{C}$; (d) oxigén $< 100 \text{ ppm}$; (e) forrasztási hőmérséklet $600 \pm 5^\circ\text{C}$; (f) hevítés min. 20°C/ perc ; (g) hűtés 30°C/ perc [1][3].



2.ábra.

A **lángforrasztás** egyszerű és egyes (Al-réz, Al-acél) kötések kialakítására alkalmas, mint például cső-cső, cső-szerelvény, átlapolt kötés stb. A forrasztandó alkatrészeket meg kell tisztítani a felületi szennyeződésektől, olajoktól, zsiroktól egyszerű acetonos vagy alkoholos lemosással. Az ajánlott részélesség $0,1 - 0,15 \text{ mm}$, de természetesen ennél nagyobb részélesség is forrasztható, aminek hatására csökken a kapillaris hatás és több forrasztanyagot igényel a kötés. Hevítéshez a legtöbb kereskedelemben kapható gáz felhasználható: propán-bután, propán, metán, természetes gáz oxigénnel vagy anélkül. Forrasztanyagként AA4047 (Aluminum Association szerint) eutektikus ötvözet alkalmazható, mely 12% szilíciumot tartalmaz, elsősorban legalacsonyabb olvadáspontja és legjobb higfolyósága miatt. A lángforrasztás könnyen automatizálható az egyszerű "oda-vissza járó" rendszerektől a folyamatos karusszelelig [1].

Indukciós forrasztásnál nagyfrekvenciás elektromos árammal hevítik a kötési területeket, melynél egy vízzel hűtött tekercs (primer oldal) segítségével elektromos áramot indukálnak a munkadarabban (szekunder oldal). A tekercs tervezhető nyitott vagy zárt kivitelre a kötés köré, ahol a terméket automatikusan mozgatják a forrasztási helyre. Nagyon fontos a forrasztandó kötetést a tekercs középpontjába állítani az egyenletes hevítés miatt. A hevítési ciklus $15-60$ másodpercig tart a munkadarab méretétől függően. Egyes alkalmazásoknál N_2 védőgázt használnak a forrasztószer

mennyiségének csökkentésére. Különleges felhasználási területe Al-acél kötések kialakítása (pl.: háztartási edény gyártása) [1][3].

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 [5].

Forraszanyagként AA4343, AA4045, AA4047 (Aluminum Association szerint) alumíniumötvözeteket alkalmaznak. Kemenceforrasztásnál egy vagy két oldalról AA4343 vagy AA4045 ötvözettel bevont forraszlemezrel forrasztanak. Ez a bevonatréteg rendszerint a teljes forraszlemez vastagságának 5-10 %-a. Az előzőekben említett AA4047 ötvözet elsősorban lángforrasztáshoz ajánlott alacsony olvadáspontja miatt [5].

Alapanyagként hőcserélők gyártásánál az AA3003, AA3005, AA1100, AA1145, AA6063, AA6951 ötvözeteket alkalmaznak. A szilárdság és a megmunkálhatóság növelésére bizonyos ötvözetek magnéziumot tartalmazhatnak. Kemenceforrasztásnál 0,5 %-nál, lángforrasztásnál 1 %-nál magasabb magnéziumtartalom csökkenti a forraszthatóságot a NOCOLOK eljárással a következők miatt:

(1) A Mg és/vagy a MgO a folyasztószerrel MgF_2 -ot képez; (2) megváltoztatja a folyasztószer összetételét; (3) növeli a folyasztószer olvadáspontját; (4) Mg diffundál a felületre, amiből $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ vagy MgO képződik, melynek oldhatósága alacsony a folyasztószerben [2].

Felhasznált Irodalom

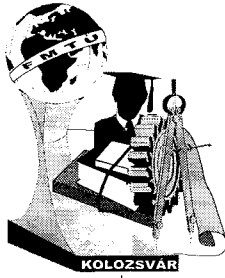
1. Jhonny Lin: Nocolok Flux and Aluminum Brazing. SAE Inc.Detroit. 1996.pp. 1-4.
2. David J. Field; Nigel I.Steward. Mechanistic Aspects of the NOCOLOK Flux Brazing Process. SAE Technical Paper Series 870186.Detroit.1987. pp.1-4.
3. NOCOLOK[®] Flux Brazing Technology (Manual). Solvay Fluor Und Derivate 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

A NOCOLOK[®] az Alcan International Ltd. védjegye.

Majoros Zoltán okleveles gépészmérnök , doktorandusz

Miskolci Egyetem, H-3515 Miskolc - Egyetemváros

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



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Autonóm robotkocsik pályájának tervezése

Patkó Marius

Abstract:

This paper presents some path planning systems for indoor motion of Autonomous Mobile Robots. In the first part of my paper I present some general aspects about navigation and a navigation algorithm for Autonomous Mobile Robots, actually used by me for the research work. In the second part of the paper I present some navigation systems and path planning algorithms generally used for indoor motion. The presented navigation systems are actually used for Mobile Robot control. The third part of the paper generally presents in a few words the path planning systems.

1. Bevezető

E dolgozat célja, hogy bemutasson néhány vezérlési algoritmust a robotkocsik belsőtéri vezérléséhez.

" NAVIGÁCIÓ az a tudomány amely segítségével egy robotkocsi pályavezérlését oldjuk meg különböző környezetekben (föld, levegő, víz). A végcél az, hogy bármilyen navigációs területen a robot ne tévedjen el, és ne ütközzön semmivel" [1]

2. A NAVIGÁCIÓ

A navigáció, első sorban a robotkocsit, térbeli tájékozódását jelenti egy adott térkép szerint és az optimális út kiszámítása e tájékozódás után következik a robotkocsi vezérlése a megadott térkép szerint. A pálya ütemezésénél be kell adni a célpontot és ugyanakkor bármilyen eltérést az útvonaltól. A legtöbb felmerülő problémákat meg kell oldani a navigáció előtt. Sok algoritmus felmondja a szolgálatot abban a pillanatban amikor olyan helyzetbe kerül a robotkocsi amely bonyolítja a navigációt. Az [1] bemutat egy ilyen algoritmust (Algoritmus). Az algoritmus az elején megalapítja, hogy a robot ismeri a terep térképét vagy sem. Abban az esetben, hogy a robot még nem ismeri a térképet, az algoritmus egy lehetséges út keresésébe kezd a cél elérése érdekében. Ez az algoritmus csak egyszerű térképek esetén lehet használni. Hogyha a robot ismeri a térképet, az algoritmus kezd keresni a lehetséges utakat, kiválasztva a legrövidebbet és végig megy ezen az úton, tételezve az út létezését. Mozgás közben a robot szenzorok segítségével vizsgálja az utat, hogy időben tudja észlelni azokat az akadályokat amelyek nincsenek feltüntetve a térképre. A robot ki kell kerülje a váratlan akadályokat.

Algoritmus:

```

IF létezik egy térkép THEN
    Keresd a térképről az utat
    Válaszd az optimális utat
    IF az út bonyolult THEN
        Az út szétválasztása több szakaszra
        Vizsgáld a terepet
        WHILE nincs a célban DO
            Tedd meg az utat
            IF van egy szakasz THEN
                Keresd a következő szakaszt
                A terep vizsgálata
                IF van egy akadály az úton THEN
                    Keres a térképen lehetséges utakat a cél felé
                    IF létezik egy lehetőség THEN
                        Tedd meg ezt az utat
                    ELSE {nincs lehetőség}
                        Várj ameddig felszabadul az út
                END {while ciklus}
            {a robot a célban van}
        ELSE {nincsen térkép}
            WHILE nincs a célban DO
                Vizsgáld az utat
                IF szabad út a célban THEN
                    Indulj a cél felé
                ELSE {akadály az úton}
                    IF szabad más irányban THEN
                        Válaszd ki heurisztikus módon az új irányt
                        Indulj az új irányba
                    ELSE {a robot csapdába került}
                        Sikertelen próba és a Task újra tervezése
                    END {while ciklus}
                {a robot a célban van}
            END {navigációs algoritmus}
    
```

3. Navigációs rendszerek

A navigációs rendszereknek a szerepe a robotkocsik vezérlése a navigáció idején. E rendszerek térképeket használnak az előre meghatározott pályákról. A rendszereknek egy része grafikonként tárolja a pályák rendszerét, mások betanult mozgások formájában. A napjainkban használt robotkocsik legnagyobb része a gépiparban található, ezek úgynevezett kötött pályás robotkocsik, egy pályát követnek melyet egy huzallal valósítanak meg és előre be van építve a gyár padló rendszerébe. A robotkocsi ezzel a huzallal indukciós alapon kommunikál. Egy kisebb része a robotkocsiknak rádió jeleken kommunikálnak egy központi számítógéppel, festett vonalakat követnek, vagy lézer sugár segítségével mozognak. A robotkocsik csak egy kis számú pályát tudnak követni. Nem tudnak eltévedni és, hogyha az utjukba egy akadály jelenik meg, megállnak és várnak amíg az út újra szabad lesz.

3.1. Jeladók

A hibák csökkentése érdekében a helyzet és betájolás kiszámításánál, egyes robotok fény nyalábokat érzékelnek. Ebben az esetben fény jeleket kibocsátó jeladók vannak helyezve különböző pontokban a pályán.

A SENCAR robotkocsik (Rathbone és tsa., 1986) használnak a mennyezetre illesztett infravörös jeladókat. A pálya betanítása, úgy megy végbe, hogy egy ember végig viszi a robotkocsit az egész pályán, betanítva a robot az összes megállásokat és mozgásokat. A robot megtanulja a mozgásokat és azoknak a jeladókat a helyzetét amelyek mellett halad. A jeladókat a robot az eltérések kiküszöbölésére használja, amik a megadott pályától adódhatnak.

3.2. Modellek és adat szerkezetek térképeknek

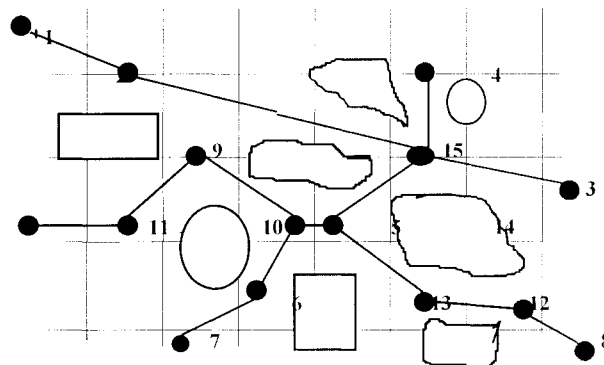
Egy lényeges pont a robotkocsik rugalmasságának fejlődésében az adat szerkezetek modellezése a térképek betanítása érdekében, a keresési algoritmusok kifejlesztése és e térképek használata. A computer mely e robotokat vezérli, tárolja az összes pályákat, kereszteződéseket és megállási pontokat. A robotok melyek jeladókat használnak, nehezen navigálnak, a térkép keresés szempontjából, a mozgás két jeladó között, nehezen találva meg a jeladókat helyzetét. A legrugalmasabb navigációs rendszer a robot saját modellezési rendszere. A jövő robotjai látó rendszereket, ultrahangokat, lézer sugarakat vagy más szenzorokat fognak használni a helyzetük meghatározása érdekében.

3.2.1. Tökéletes adat szerkezetek

Egy hatásos tárolási mód a térképek részére a térképet elosztása négyzetek vagy sokszögű kisebb részekre. Mindegyik rész megtalálható az adat szerkezetben mint egy elem. A részek közötti kapcsolat tulajdon képen az adat szerkezet elemei közötti kapcsolat. E elemek lehetnek tárgyak vagy szabad hely. Egy pálya e térképen a szabad helyek kapcsolása. A legpontosabb térkép a pixel térkép. Egy térkép létrehozása az adat szerkezetben könnyű feladat, viszont a nehezebb része e térképnek elemekre való elosztása és minden elemnek típus meghatározása. A robot vezérlése szempontjából fontos annak a résznek a helyzete amelyben a robot bemegy. E résznek a helyzete olyan információkat tartalmazhat mint például: szabad területek, tárgyak, tiltott részek, emelkedők, lépcsőház, felvonó, parkolási terület, veszélyes terület és emberekkel foglalt terület.

3.2.2. A szabad területek térképei

A robot képesek navigálni egy ismeretlen környezetben, térkép nélkül a szenzorok segítségével. Lépésről lépésre a robot haladásával, a követett pályákat tárolja mint tér grafikon formájában. (2. ábra)



2. ábra

A grafikonon kiemelt pontjaiban a robot megáll, hogy a környezetet vizsgálja a szenzorok segítségével. A vonalak, mozgási vonalak a pontok között. Ott ahol a vonalat metszik egymást, ott kereszteződéseket

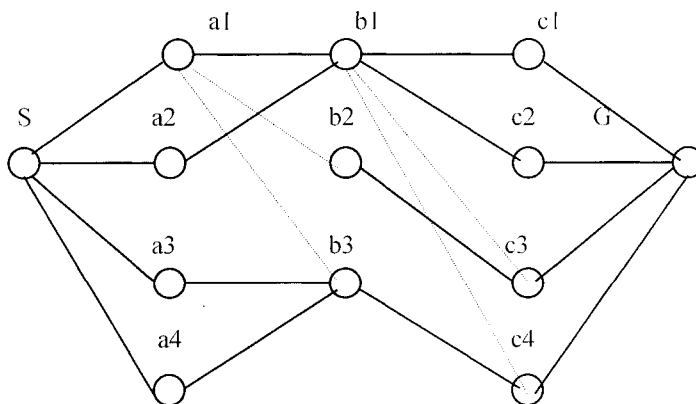
regisztrálunk. Jorgensen (1986) szerint minden vonalak által elkerített rész tartalmazhat tárgyakat. Nagy vonal szám bonyolult adat struktúrákhoz vezet, de a térképek sokkal jobbak.

4. Pályák tervezése

A térképeket két fő célra használjuk: a robot helyzetének meghatározására és a pályák tervezésére amelyeket a robotnak követnie kell. Sok pálya tervezési algoritmus robotkocsik számára, a régebbi pálya tervezési algoritmusokból írták át, melyeket a manipulátorok pálya tervezésére használtak. A robotkocsik esetében a pálya tervezés könnyebb, mert le van egyszerűsítve egy három szabadság fokú robotra, egy síkban. A bemutatásra kerülő algoritmusok hat szabadságfokra vannak kibővítve. Az elvárások a pálya tervezéssel szemben a következők: : egy egyenes út megtalálása a térkép által leírt környezetben úgy, hogy a robot ne ütközzön semmivel miközben végrehajtja ez az utat; tudja kezelni a bizonytalanságokat amelyek megjelennek a szenzorok által pásztázott környezetben és a felmerült eltéréseket mozgás közben; minél kevesebb ütközés a pásztázott területen belül az által, hogy messze tartjuk a robotot a tárgyaktól; egy optimális pálya tervezése abban az esetben ha ez többször felhasználásra kerül.

4.2. A pályák automatikus tervezése

A pályák ismerése által, a környezet térképe le egyszerűsödik a pályák grafikonjára. A csomók grafikonja úgy van kezelve mint egy fa melynek origója a kiinduló csomópontban van. A mesterséges intelligenciából használva különböző eljárásokat, a program automatikusan keres egy utat a cél felé, hogyha egy ilyen pálya létezik. Hogyha több pálya is létezik, a kapott részgrafikonok egy pályák grafikonjában vannak. A legrövidebb utat választjuk ki dinamikus kereséssel. (3. ábra)

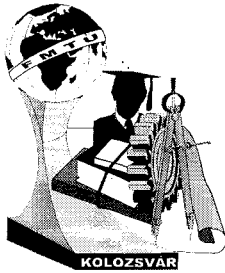


3. ábra A talált pályák grafikonja

Irodalom

- [1] P.J. McKerrow - "Introduction in Robotics", Addison - Wesley Publ. Company, 1994
- [2] J.P. Laumond, T. Simeon, R. Chatila, G. Giralt - "Trajectory planning and motion control for Mobile Robot" - In "Geometry and Robotics", pag. 133, vol. 39, Springer Verlag, 1989

Patkó Marius, M.Sc., doktorandusz
 Budapesti Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék
 Egri József út 1, E épület, 313 szoba, 1111, Budapest, Hungary
 Tel: 0036 - 1 - 463.2518 ; Fax: 0036 - 1 - 463.3178 ; E-mail: patko@manuf.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

A méretek csökkentésének hatása az alakemlékező fém aktuátorokra

Mihálcz István, Ilie Zudor Angyalka, Baranyi Péter

Abstract

This paper analyses scale effects of shape memory alloy (SMA) actuator. The analysis is based on thermal aspects and scaling effects on both convective and conductive heat transfer cases, which is a quite novel approach. Results of this analysis have effects on surface temperature and maximum current density of micro-actuators.

A méretek és a lépték hatása a hőátadásra

Az alakemlékező fémek (SMA-k) olyan nagy teljesítmény/térfogat aránnyal rendelkező aktuátorok, amelyeknek az értéke összehasonlítható a hidraulikus aktuátorokéval. Általában huzal formájában alkalmazzák őket. Az SMA huzal a rajta átvezetett elektromos áram által termelt hő hatására működtethető, és egy egyszerű, közvetlen meghajtású (direct drive), más mozgó alkatrészt nem tartalmazó aktuátor tervezését teszi lehetővé.

Az SMA aktuátorok tervezésénél az egyik legfontosabb paraméter a megfelelő hűtés biztosítása. Ezek az aktuátorok abban különböznek a többi aktuátortípustól, hogy itt a hűtésnek a működési sebességre közvetlen hatása van. Mindkét hőátadási egyenlet (itt a hőszugárzás elhanyagolható) – a vezetési és a konvekciós – tartalmaz egy-egy tényezőt, a hővezetési, illetve a konvekciós hőátadási tényezőt, melyeknek nagy szerepük van a hűtésben. Hővezetés esetében ez a tényező anyagfüggő, és állandónak tekinthető egy adott hőmérsékleti intervallumban. A konvekció viszont sok változótól függ és nagyon bonyolult kifejezéssel lehet meghatározni. Makroszkopikus rendszereknél ennek a tényezőnek az értéke, gázokban történő szabad konvekció esetén, 2-25 W/m²K között szokott lenni.

Vizsgáljuk meg, hogy mi történik, ha csökkentjük a rendszer méreteit.

A feladatot úgy lehet megoldani, hogy felhasználjuk a Nusselt, Rayleigh és Prandtl számok közötti összefüggést egy SMA huzalra. A huzalt ebben az esetben egy hosszú vízszintes hengerrel modellezzük:

$$\overline{Nu}_D = \left(0.60 + \frac{0.387 \cdot Ra_D^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr} \right)^{16} \right]^{1/4}} \right)^2 \quad 10^{-5} < Ra_D < 10^{12}$$

$$\text{ahol } \overline{Nu}_D = \frac{\bar{h} \cdot D}{k} \text{ és } Ra_D = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{surf} - T_{env}) \cdot D^3}{\gamma \cdot \alpha}$$

A következő táblázat ismerteti a fenti egyenletben szereplő változókat levegőre, 1 atmoszféra nyomásra és 400°K-ra vonatkozóan:

A változó jelölése	Értéke	Jelentése
g	9.81 m/s ²	gravitációs gyorsulás
Pr	0.690	Prandtl szám
v	26.4x10 ⁻⁶ m ² /s	kinematikus viszkozitás
α	38.3x10 ⁻⁶ m ² /s	termikus diffuzivitás
k	33.8x10 ⁻³ W/mK	hővezetőképesség
β	2.73x10 ⁻³ 1/K	hőtágulási együttható

Figyelembe véve a kicsinyítést, vagyis a méretek csökkentését, a fenti egyenletekből levezetve a hőátadási tényezőt kapjuk:

$$\bar{h} = \left(2.192 + \frac{0.110}{\sqrt{D}} \right)^2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad \text{ha } 10 \mu\text{m} < D < 10 \text{ m}$$

Hasonló egyenletet kapunk gömbfelületre vagy síkra is. Ábrázolva a hőátadási tényezőt, észrevehető, hogy értéke kis méreteknél (100 mm alatt) fordítottnan arányos az átmérővel, nagy méreteknél pedig konstans.

A lépték hatása az SMA-aktuátoroknál

Az olyan fizikai mennyiségek, mint az erő, nyomaték, munka, sebesség, teljesítmény felvétel, hatásfok, stb. értékei nem ugyanakkora mértékben csökkennek az SMA méreteinek csökkentése esetén.

A következőkben azt vizsgáljuk, hogy milyen kedvező vagy kedvezőtlen hatása van a lépték csökkentésének az SMA aktuátorra. Minden geometriai méretet ugyanakkora léptékkel csökkentjük. A 0 indexek a kezdeti értékeket, az L pedig a karakterisztikus hosszt jelölik.

A lépték csökkentésének hatása az erőre, a nyomatékra, az elmozdulásra és a munkára

Egy SMA huzal aktív hosszának 5%-ával (ϵ_0) húzódik össze. Ha a huzal hosszát L-szeresére csökkentjük, az összehúzódás értéke is L-szeresére fog csökkenni.

$$\epsilon = L \cdot \epsilon_0$$

Azonos mechanikai feszültség esetén, mivel a keresztmetszet területe L^2 arányban csökkent, a terhelőerő értéke is L^2 arányban fog csökkenni:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{L^2 \cdot A_0} = \frac{F_0}{A_0} \quad \Rightarrow \quad F = L^2 \cdot F_0$$

Ez által az aktuátor által végzett munka: $W = F\epsilon = L^2 F_0 L \epsilon_0 = L^3 W_0$, tehát L^3 -nel csökken. Ennek ellenére a specifikus teljesítmény értéke nem változik:

$$\frac{W}{V} = \frac{L^3 \cdot W_0}{L^3 \cdot V_0} = \frac{W_0}{V_0} = \text{konstans}$$

Forgató aktuátoroknál a létrehozott nyomaték $M = RxF = LR_0 x L^2 F_0 = L^3 M_0$, vagyis L^3 -nel csökken. Egy adott tömeg felemeléséhez szükséges nyomaték viszont L^4 arányban csökken (mert a súly L^3 és az elmozdulás L arányban csökken). Ebből látszik, hogy a rendelkezésre álló/szükséges nyomaték L^{-1} -nel lesz arányos!

Hasonló a helyzet a lineáris aktuátornál is, egy adott tömeg felemelésénél: a rendelkezésre álló/szükséges erő L^{-1} -nel lesz arányos.

Ez azt jelenti, hogy az SMA aktuátor miniatürizálása esetén (mint lineáris, mint forgó rendszernél) a vártnál nagyobb lesz a rendelkezésre álló nyomaték (erő), míg a külső nyomaték (erő) csak a tömegtől függ. Ezt a nagyobb nyomatékot (erőt) nagyobb tömegek mozgatására lehet alkalmazni. Hasonló analógiát találunk a természetben, ahol a hangya saját súlyánál 10-szer nagyobb tömegeket tud cipelni, míg az elefánt testsúlyának csak törtrészét képes felemelni.

A lépték hatása a válaszidőre és a kimenő teljesítményre

Az SMA sebessége a lehülési időtől függ (a felfűtési idő nagyságrenddel lehet kisebb!). Elektromos vezérlésnél a nagyobb áram (feszültség) alkalmazásával jelentősen csökkenteni lehet a felfűtési időt. A gyakorlatban ezért a felfűtés általában gyorsabb, mint a lehülés.

Az SMA-t időállandójával jellemezhetjük:

$$\tau = \frac{d \cdot \rho \cdot c}{4 \cdot h}$$

A fenti összefüggésben d a huzal átmérője, h a huzal hőátadási tényezője, ρ az ötvözet sűrűsége és c az ötvözet fajhője. Mivel a hőátadási tényező L^{-1} -nel arányos, ez egy L^2 -tel arányos lehülési időt eredményez. Tehát a ciklus-(válasz-)idő L^2 -tel lesz arányos, míg a működtetési frekvencia ennek a reciprokával, L^{-2} -nal. Ennek alapján egy fontos következtetéshez jutunk: a kimenő (hasznos) teljesítmény gyorsan fog növekedni méretesökkentés esetén. Ez a hűtési felület és a hőátadási tényező növekedésével magyarázható.

A lépték hatása a teljesítményfelvételre és a hatásfokra

A teljesítményvesztés $Q = hA\Delta T$, tehát arányosan fog csökkenni (L -lel). Elosztva a térfogattal, a specifikus teljesítményvesztés L^2 -nal lesz arányos. Ez azt jelenti, hogy az aktuátor többet fog fogyasztani. Meg kell azonban jegyezni, hogy állandósult állapotban az SMA hatásfoka zérus. Ciklikus mozgás esetén az energiateljesítmény akkor minimális, ha az SMA felfűtési ideje nagyon kicsi, ezért a felfűtés közben csak nagyon kevés hőt tud átadni a környezetének. A felfűtésre fordított energiát adjuk át a környezetnek a lehülési fázisban. Az energia csak akkor arányos a tömeggel ($\sim L^3$), ha a cikluson belül munkavégzés történik. Ezek szerint a gyors felfűtést alkalmazó ciklusoknál a hatásfok állandó és nem változik a méretek csökkentésével. A maximális működési frekvenciánál ($\sim L^{-2}$) a teljesítményfelvétel arányos a kicsinyítési tényezővel (L -lel).

A lépték hatása az aktuátor felületére

Egy termikusan működtetett készülékben a hő az aktuátortól a készülék többi alkatleméhez vezetődik el. Ezzel növekedni fog az összes alkatlem hőmérséklete. Ez hátrányos lehet sok alkalmazásnál, például a gyógyászatban, ahol az implantátum felületi hőmérséklete csak néhány fokkal haladhatja meg a testhőmérsékletet.

Ha az aktuátor valamilyen anyaggal, például szilikongumival van bevonva, akkor a következő egyenletekkel lehet meghatározni a felületi hőmérsékletet:

$$Q = \frac{T_{actuator} - T_{env}}{R_{conduction} + R_{convection}}$$

$$Q = \frac{T_{surf} - T_{env}}{R_{convection}}$$

ahol Q a hőfolyam az aktuátortól a környezet felé, $T_{actuator}$ az aktuátor hőmérséklete működtetés közben. Ez egy adott aktuátorra állandó, és független annak fizikai méreteitől. $R_{convection} = 1/hA$ a konvekciós termikus ellenállás, $R_{conduction}$ az aktuátor körüli szigetelés termikus ellenállása. Az utóbbi értéke függ a szigetelő réteg felületének alakjától:

- síkfelületnél: $R_{conduction} = L/kA$
- hengerfelületnél: $R_{conduction} = \ln(R_2/R_1)/2\pi Hk$
- gömbfelületnél: $R_{conduction} = (1/R_1 - 1/R_2)/4\pi k$

ahol L a felület vastagsága, A a felszíne, R_1 és R_2 a belső és a külső sugara, H a henger magassága, k a szigetelés termikus vezetőképessége és h a konvekciós hőátadási együttható.

A hőfolyam egyenleteiből felírható, mivel az SMA által a környezetnek átadott hőmennyiség egyenlő a szigetelésen áthaladó hőmennyiséggel:

$$\frac{\Delta T_{surf}}{\Delta T} = \frac{1}{1 + \frac{h}{k} f \cdot L}$$

ahol ΔT és ΔT_{surf} az SMA és a szabad felszín hőmérsékletkülönbségei. Az f egy alak-tényező, ami a következő összefüggésekkel határozható meg:

- síkfelületnél: $f = 1$
- hengerfelületnél: $f = \ln(R_2/R_1)$
- gömbfelületnél: $f = R_2/R_1 - 1$

Egy levegőn lévő (szabad konvekció) gumiréteggel bevont SMA aktuátor relatív felületi hőmérséklete a karakterisztikus hossz függvénye. Az egyenletekből látható, hogy a hőmérsékletre nézve létezik egy

kritikus hossz: a k/hf . Ez alatt a felületi hőmérséklet egyenlő az aktuátor hőmérsékletével. Vékonyabb szigetelőréteg és intenzívebb hűtés alkalmazásával ez az érték csökkenthető. Léptékcsoökkentésnél a szigetelés már olyan vékony lesz, hogy hatása elhanyagolható. A szigetelő felületének növelésével nem csökkenthető nagymértékben a lehülési idő. Például 10%-os csökkentést majdnem 10-szeres felületnövekedésnél kapunk.

Maximális áramsűrűség

A konvektív hőátadás arányos a felülettel, a hőmérsékletkülönbséggel és a konvektív hőátadási együtthatóval. Egyensúlyi állapotban:

$$P = R_{elect} I^2 \approx hL^2 \Delta T \quad (\text{konvekcióról})$$

Egy előre megadott maximális hőmérséklet esetén, mivel a villamos ellenállás arányos L^{-1} -nel, a maximális áram arányos lesz $h^{1/2}L^{3/2}$ -vel. Kis méreteknél, h arányos L^{-1} -nel, tehát a maximális áram L -lel lesz arányos. Nagy méreteknél, mivel h konstans, a maximális áram $L^{3/2}$ -nel arányos.

Hővezetés esetében a hőelvezetés arányos a felülettel és a hőmérsékletgradienssel. Egy adott hőmérsékletkülönbségre a hőmérsékletgradiens fordítottan arányos L -lel. Eredményül azt kapjuk, hogy a maximális áram is L -lel arányos:

$$P = R_{elec} I^2 \approx L^2 \frac{dT}{dx} \Rightarrow I \approx L \quad (\text{vezetésnél})$$

A két folyamat (konvekció és vezetés) együttes hatása esetén a maximális áram egy L és $L^{3/2}$ közötti értékkel lesz arányos, ami függ a geometriai méretektől és a hűtés típusától.

A konvektív és a hővezetési ellenállás jelentősége függ a méretektől. A kettő közötti arány egy, ha a külső átmérő 100 mm körüli. E fölött a hővezetés a domináns, ez alatt pedig a konvekció. Mindkét esetben azonban a maximális áram L -lel lesz arányos.

Összehasonlítás és következtetések

A léptékcsoökkentési számításokat elvégezve több aktuátortípusra, az eredmények a következő táblázatban láthatók:

Aktuátor típusa	Határfeltételek	Erő	Válaszidő	Teljesítménysűrűség
SMA	termikus válasz	L^2	L^2	L^{-2}
Elektrosztatikus motor.	$V = \text{konst.}$	Konst.	L^2	L^{-4}
	$E = \text{konst.}$	L^2	L^1	L^{-1}
Reluktancia motor	$J \approx L^{-1}$	L^2	L^2	L^{-1}
Állandómágneses motor	$J \approx L^{-1}, B = \text{konst.}$	L^2	L^1	L^{-1}
Lorentz-erő	$J \approx L^{-1}$	L^2	L^1	L^{-1}
Piezo motor	Rezonancia	L^2	L^1	L^{-1}

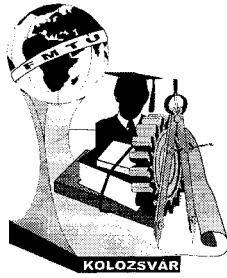
Elméleti szempontból összehasonlítva a különböző aktuátorok léptékcsoökkentésekor az erő arányossági tényezőjét, észrevehető, hogy ezek értéke arányos L^2 -tel az elektrosztatikus erő kivételével, aminek értéke konstans. Makroszkopikus szempontból az SMA a leglassúbb, de léptékcsoökkentéskor a sebessége L^2 arányban változik, míg a többi aktuátoré csak L -lel. Ezáltal az SMA-nál nagy sebességnövekedés érhető el. A teljesítménysűrűség is kedvezően alakul az SMA-nál. Ennél csak az elektrosztatikus aktuátor tényezője jobb, de csak nagyon kis méreteknél.

Mindezek alapján elmondható, hogy az SMA aktuátorok rendelkeznek a legnagyobb teljesítménysűrűséggel az 1 mm^3 alatti tartományban.

Ez a cikk az OTKA F026127-es és F030056-os számú pályázatainak a támogatásával készült.

Mihálcz István, egyetemi tanársegéd, Budapesti Műszaki Egyetem, Finommechanikai és Optikai Tanszék, H-1111 Budapest, Egrý J. u. 1, Tel: (..36-1) 463-2088, Fax: (..36-1) 463-3787, E-mail: mihalcz@hotmai.com.

Ilie Zudor Angyalka, okl. gépészmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem-MTA SZTAKI, Integrált Gépészeti Informatikai Rendszerek Tanszék, H-1111, Kende u 13-17, Tel: (..36-1) 466-5644/231, E-mail: ilisa@hotmail.com.



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Az alakemlékező fémek modelljeinek összefoglalása

Mihálcz István, Ilie Zudor Angyalka

Abstract:

Shape memory alloys (SMA) are increasingly used in many engineering fields. In order to fully utilise the SMA's potential, it is necessary to have a good understanding of its mechanical behaviour under thermal and mechanical loading. For this reason, several models were developed. The proposed constitutive models can be classified in 5 categories. An extensive review of the SMA constitutive models is presented in this paper.

Bevezetés

Az alakemlékező fémötvözetek legfontosabb tulajdonsága az, hogy deformálva őket, majd egy átalakulási pont fölé melegítve, képesek emlékezni egy előzőleg betanított alakra. E folyamat során egy SMA huzal hosszának akár 8%-val is összehúzódhat. Ez teszi lehetővé az SMA-nak aktuátorként való alkalmazását. Ahhoz, hogy az SMA alkalmazási lehetőségeit teljesen ki tudjuk használni, meg kell értenünk a mechanikai viselkedését termikus és mechanikai terhelés esetében. Ebből az okból számos modellt dolgoztak ki, amelyek napjainkban is használatosak. Ezek a modellek öt csoportba sorolhatók: ferroelektromos modellek, belső változókon alapuló modellek, plaszticitáson alapuló modellek, hiszterézis modellek és nem-izotermikus modellek. A következőkben ezek a modellek kerülnek bemutatásra.

1. A ferroelektromos modell

Ingo Müller és társai (1979, 1980, 1989, 1991) egy ferroelektromos, és ferromágneses modellt javasoltak, amely a termodinamikán, a statisztikus fizikán és a szabad energián alapszik. Ezeket az egyenleteket kiegészítették és eredményül az SMA konstitutív egyenletét kapták. Az ők leírásukban a hőmérséklet hatása a szabad részecskék energiájának fluktuációjából ered a potenciálvölgyekben, ami a potenciálvölgy mélységeként van definiálva. A modell az ötvözetben két, egyszerre létező fázist feltételez. Mindkét fázis rendelkezik saját szabad energiával. A modell elég jól közelíti a fázisátalakulást, és az anyag viselkedését. Ennek ellenére nagyon bonyolult, és nehézkes az alkalmazása a mérnöki tervezésben, főleg a mikrostruktúrák tulajdonságainak becsléseire a különböző folyamatokban. Falk és társai (1980) módosították Müller modelljében a szabad energia-erő-hőmérséklet összefüggést és, egy egyszerűbb explicit összefüggést javasoltak. Ez a modell jól alkalmazható a rugalmassági modulus változásának, az alakemlékezés, a hőmérséklet, valamint a mechanikai feszültség által indukált fázisátalakulás és az egyirányú terhelés alatti hiszterézishurkok tanulmányozására.

2. A belső változókon alapuló modell

A második típusú modelleszort a Helmholtz féle szabad energián alapszik, ami a termodinamika alapegyenletéből származik. A Helmholtz féle szabad energia az általános állapotváltozók függvénye. Ezek az alakemlékező fémeknél a következők: a alakváltozás (ε), a hőmérséklet (T) és a martenzittartalom (ξ). Így az általános változót a következőképpen definiálhatjuk: $\Lambda \equiv (\varepsilon, T, \xi)$. Ebből az egyenletből kiindulva, és felhasználva a termodinamika első és második törvényét, az SMA alapegyenletéhez jutunk (Liang és Rogers, 1990):

$$\bar{\sigma} = \rho_0 \cdot \frac{\delta \Phi}{\delta \varepsilon} = \sigma(\bar{\varepsilon}, T, \xi)$$

A fenti egyenletből kiindulva, az alapegyenlet deriválva kapjuk, hogy a mechanikai feszültség változása az alakváltozás, a hőmérséklet és a martenzittartalom növekményfüggvénye:

$$\dot{\sigma} = E \cdot \dot{\varepsilon} + \Theta \cdot \dot{T} + \Omega \cdot \dot{\xi}$$

ahol E a Young (rugalmassági) modulus, Θ a termoelasztikus tenzor és Ω a transzformációs tenzor, ami az alakváltozás változását definiálja a fázisváltozás alatt. Ha a szabad energia egyenlete adott, minimalizálva a szabad energiát, megkaphatjuk a fázisok egyensúlyi állapotát. Ez adja a martenzittartalom, az alkalmazott mechanikai feszültség és a hőmérséklet közötti összefüggést. Ezt elég nehéz alkalmazni. A szabad energia egyenlete helyett, tegyük fel, hogy következtetni lehet a martenzittartalomra a mechanikai feszültség és a hőmérséklet függvényében. A gyakorlati mérésekből következtetni lehet a martenzites vagy az ausztenites átalakulás egyenleteire. Így, mivel sok kutató különböző függvényekkel közelítette a martenzittartalmat, különböző belső változón alapuló modellek születtek.

Tanaka és társai (1982, 1985, 1986, 1991 és 1994) egy l hosszúságú SMA huzalon (egydimenziós) tanulmányozták az ausztenites és a martenzites fázisátalakulást. Munkájukban, az átalakulás kinetikájából adódóan, a martenzittartalom a mechanikai feszültség és a hőmérséklet exponenciális függvénye:

$$\xi_{M \rightarrow A} = \exp[A_a(T - A_s) + B_a \cdot \sigma]$$

$$\xi_{A \rightarrow M} = 1 - \exp[A_m(T - M_s) + B_m \cdot \sigma]$$

ahol A_a , A_m , B_a és B_m egy adott hőmérsékleten konstans anyagjellemzők, A_s , M_s , az átalakulási hőmérsékletek. A modellel ki lehet számolni, és le lehet írni a mechanikai feszültség és az alakváltozás közötti összefüggést, a szuperelasztikus effektust és a pseudoelasztikus effektus energia-disszipációját. Mégis elég nehéz ezt a modellt a mérnöki tervezésben és számításokban alkalmazni.

Tanaka után Liang és Rogers (1990) kidolgoztak egy másik belső változókon alapuló egydimenziós modellt. Ők a martenzittartalmat nem egy mechanikai feszültséget és hőmérsékletet tartalmazó exponenciális függvénnyel, hanem egy koszinuszfüggvénnyel közelítették, ami jobban összhangban van a gyakorlatban mért értékekkel:

$$\xi_{M \rightarrow A} = 0.5 \cdot \xi_M \cdot \{\cos[a_A \cdot (T - A_s) + b_A \cdot \sigma] + 1\}$$

$$\xi_{A \rightarrow M} = 0.5 \cdot (1 - \xi_A) \cdot \cos[a_M \cdot (T - M_s) + b_M \cdot \sigma] + 0.5 \cdot (1 + \xi_A)$$

A modellel kétségtelenül ki lehet számolni, és le lehet írni a mechanikai feszültség és az alakváltozás közötti összefüggést, a szuperelasztikus effektust és a szuperelasztikus effektus energia-disszipációját egy adott hőmérséklettartományban. A szabad-, a korlátozott- és az ellenőrzött tehermentesítést is figyelembe vették a modellben. Ez a modell csak egy pár mérhető konstans anyagjellemzőt igényel, ezáltal könnyen alkalmazható a mérnöki tervezésben.

Ezt az egydimenziós modellt egészítették ki Liang és Rogers (1992) háromdimenziósra. Így már felhasználhatóvá vált bonyolult SMA struktúrák tanulmányozására illetve modellezésére. Ez a modell már tudja kezelni a kétutas alakemlékezési effektust is (Zhang et al., 1992).

Brinson 1993-ban egy másik koszinusz modellt dolgozott ki, aminek alapjául Liang és Rogers modellje szolgált. Modelljében a martenzittartalom belső változót két részre osztotta, egy hőmérséklet indukálta és egy mechanikai feszültség indukálta komponensre: $\xi = \xi_s + \xi_f$

ahol ξ_T a többorientációjú hőmérséklet indukálta martenzittartalom, ξ_S az egyorientációjú mechanikai feszültség indukálta martenzittartalom. E komponensek szétválasztásával ez a modell tudja kezelni a mechanikai feszültség által indukált martenzitképződést az A_s hőmérséklet felett a szuperelasztikus tartományban, és tudja modellezni az alakemlékezési effektust az alkalmazott feszültségre az összes hőmérsékleten. Tehát a Brinson modell már alkalmazható az összes hőmérsékleten. Ez a modell bevezet olyan, nem konstans anyagfüggvényeket, amelyekkel az anyagjellemzők változását lehet meghatározni. Felhasználva az állandó és a mérhető anyagtulajdonságokat, a Brinson modell könnyen alkalmazható a mérnöki tervezésben, a mechanikai feszültség-nyúlás összefüggések kiszámításában és az SMA effektus modellezésében.

Barret (1994, 1995) figyelembe vette az SMA-ban a húzás és nyomás közötti különbséget, és egy olyan modellt javasolt, amely szintén a martenzittartalmat használja fel belső változónak. Ez a modell egy lineáris transzformációra alapozva, szintén különválasztja a mechanikai feszültség és a

hőmérséklet által indukált nyúlást. Ezen kívül figyelembe vette a fázisváltozás alatt az anyag keményedését és a mechanikai húzás-nyomás előző állapotait. Tehát ez a modell egy sokkal jobb előrejelzést ad. A konstitúciós egyenletben a húzás és a nyomás folyamatában különböző mechanikai feszültségváltozási faktorokat alkalmazott, mint az egy-, mint a háromdimenziós modellben:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} + (\alpha + \beta) \cdot \dot{T}$$

ahol ε az alakváltozás, E a rugalmassági modulus, α és β hőtágulási együtthatók, T a hőmérséklet. A modell feltételezi, hogy az anyagjellemzők nem függenek a hőmérséklettől. Lehet modellezni a húzás-nyomás transzformációkat, a fázisváltás alatt az anyag keményedését és a hiszterézist részleges átalakulással. Ez a modell a rugalmas deformáció tartományában dolgozik.

Boyd és Lagoudas (1994a) szintén egy egydimenziós modellt alkottak, melynek alapja a Tanaka féle exponenciális modell. Ebben a húzási feszültség helyett a képlékenységi alakváltozásoknál használatos Von Mises féle egyenértékű feszültséget alkalmazták, mert ez az átalakulás egy nemelasztikus folyamat. A belső változók evolúciós egyenletének megállapítására a nemelasztikus folyamatokban a termodinamika első és második törvényeit alkalmazták. A modellben a nemelasztikus folyamatok leírásához egy kiegészítésre volt szükség, mégpedig arra, hogy az energia a martenzittartalom függvénye. Ez a feltételezés a vegyes szabadenergia kifejezéséből az Edelen féle disszipatív potenciálelméletből adódik. Bo és Lagoudas (1994) általánosították modelljüket, bevezetve egy állapotváltozóktól függő határértéket egy konstans érték helyett, és kifejeztek néhány paramétert a martenzittartalom függvényében. Ezekkel a módosításokkal ez a modell egyesíti a Tanaka, a Liang és Rogers, és a Boyd és Lagoudas által javasolt modelleket.

3. A plaszticitási (képlékenységi) modell

Kafka (1994) a nemelasztikus folyamatokat leíró SMA modellt kiterjesztette a heterogén anyagokra is. A heterogén anyagokban az izotermikus alakítási folyamat alapegyenletében egy elasztikus és egy elasztoplasztikus rész különböztethető meg. Ez a modell kezelni tudja az SMA-ban jelenlévő alakemlékezési effektust és a szuperelaszticitást. A hőmérsékletváltozás hatását, a deviátor mechanikai feszültség alatti SMA termikus hőtágulása és az alakváltozási folyamat közötti lineáris összefüggésként írja le.

Brandon és Rogers (1992) Müller és Xu mérései alapján egy SMA egykristály elemzésén alapuló modellt javasoltak. A modell figyelembe veszi a hiszterézishurokban mind a rugalmas, mind a plasztikus állapotot. A modell a hagyományos képlékenységi elmülethez viszonyítva egy sokkal szélesebb fizikai jelenségskálát tud kezelni. Előrejelzi az elasztikus és a plasztikus fázisok közötti transzformációt, figyelembe véve az előző mechanikai feszültségeket és fázisváltásokat. Ez a modell jól szimulálja az SMA egykristályt egyenletes átalakulási folyamatokban elasztikus és plasztikus módban.

4. A hiszterézis modell

Graesser és Cozzarelli (1990, 1991) a csillapító anyagokra kidolgozott hiszterézis-modell alapján egy egydimenziós SMA modellt dolgoztak ki. Az SMA-ban a mechanikai feszültség által előidézett micromechanikus fázisátalakulás egy nemelasztikus deformációt okoz, és ez nagy energiaelnyelő kapacitást eredményez. A nemelasztikus mechanikai feszültség növekménye a mechanikai feszültség, a fázisállapot és más belső változóknak a függvénye:

$$\dot{\sigma} = E \cdot \left[\dot{\varepsilon} - \left| \frac{\dot{\sigma} - \beta}{\gamma} \right|^{n-1} \cdot \left(\frac{\sigma - \beta}{\gamma} \right) \right]$$

$$\beta = E \cdot \alpha \cdot \left[\varepsilon - \frac{\sigma}{E} + f_T \cdot |\varepsilon|^a \operatorname{erf}(a\varepsilon) \right]$$

ahol β egy egydimenziós belső feszültség jellegű tenzoriális változó, γ a határfeszültség, amelynél elkezdődik a mechanikai feszültség által indukált fázisátalakulás, α egy konstans, ami a nemelasztikus tartomány meredekségét adja meg, n egy konstans ami az elasztikusból a plasztikus állapotba történő átalakulást jellemzi, f_T egy konstans ami a hiszterézis típusát és nagyságát jellemzi, a egy konstans,

ami a tehermentesítés rugalmas alakváltozásától függ, c szintén egy konstans ami ellenőrzi a leterhelő feszültség-plató merevedségét.

A modell analóg a egydimenziós belső feszültség jellegű tenzoriális változót tartalmazó csúszás és viszkoplaszticitás nemelasztikus megfogalmazásával. Ez a modell ábrázolni tudja az elasztikus és nemelasztikus állapotot, valamint a különbséget az SMA terhelése és tehermentesítése között. Ezen kívül tudja kezelni a szuperelasztikus állapotot és az SMA martenzit ikerképződéséből adódó hiszterézisét. Az SMA nem változó, konstans hőmérsékleteire is figyelembe lett véve a modellben.

5. A nem izotermikus modell

Ivshin és Pence (1994) valamint Pence és társai (1994) javasoltak egy modellt, ami figyelembe veszi a teljes átalakulás és a terhelés vagy a tehermentesítés közötti kapcsolatot. Hasonlóképpen a modell figyelembe veszi az izotermikustól az adiabatikus terheléssel történő állapotváltást egészen a hőközléses környezetben történő állapotváltásig. A modell csak egy változót használ az összes fázisban, ezért nem képes modellezni az ikerképződési jelenséget, ami általában az alakemlékezési effektussal jár. Meg lehet határozni a mechanikai feszültség-alakváltozás összefüggéseket az adiabatikus terheléstől egészen a hőközléses környezetben történő terhelésig.

Abeyaratne, Kim és Knowles (1994) egy olyan modellt javasoltak, ami figyelembe veszi az SMA-ban a terhelés gyors növekedésének a hatását. Alacsony terhelésnövekedésnél az izotermikus egyenletekkel le lehet írni az SMA viselkedését. Azonban a terhelés gyors növekedésénél a fázisátalakulás által keletkezett hőnek nagy hatása van az anyag viselkedésére. Valójában a hőmérsékletmező az SMA-ban nem azonos, és a hő fázishatára mozog, mint egy mozgó hőforrás. Azt, hogy a hőforrásnak milyen erejével és a hőterjedésnek milyen sebességével, azt nem lehet tudni. Az SMA-ban a lokális hő termikus keményedést okozhat. Ezért az SMA mechanikai viselkedése gyors terhelésváltozás hatására kapcsolt termo-mechanikai választ ad. Figyelembe véve ezeket a termikus sebességből adódó hatásokat, kifejtésre került egy klasszikus kontinuum-mechanikán alapuló önmagára épülő modell, melynek eredménye egy nemlineáris egyenlet, ami összekapcsolja a termikus és a mechanikai effektust:

$$\frac{k}{\rho \cdot c} \dot{\theta}_{xx} = \left[1 + \frac{\mu \cdot \alpha^2}{\rho \cdot c} \theta \right] \dot{\theta}_t + \frac{\alpha}{\rho \cdot c} \dot{\sigma} \cdot \theta + \frac{\zeta}{c} (\dot{\theta} - \dot{\theta}_0)$$

Megoldva a határértékfeladatot mozgó határfeltételekkel, fel lehet írni az SMA mechanikai feszültség-alakváltozás egyenletét gyorsan növekvő terhelésre.

Összefoglalás

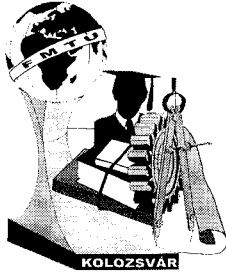
Az ismertetett modellek előnyei és hátrányai:

- A ferroelektromos modellel jól lehet tanulmányozni a fázisátalakulásokat, de nehéz alkalmazni a mérnöki tervezésben.
- A belső változókon alapuló modell, az átalakulási folyamatban belső változóként a martenzittartalmat használja, ami fizikai szempontból kezelhetővé és könnyen érthetővé teszi. A legtöbb ilyen modell az elasztikus és az izotermikus folyamatokra van korlátozva.
- A plaszticitási modell az elasztikus és nemelasztikus folyamatoknál használatos, de főképp a sima folyamatok leírásánál alkalmazzák.
- A hiszterézis modell jól használható a nemelasztikus folyamatoknál, de a modell sokkal inkább fenomenológiai, mint fizikai leírást ad.
- A nem-izotermikus modell különösen az adiabatikus folyamatoknál alkalmazható, mint például gyorsan növekvő terhelések esetében.

Ez a cikk az OTKA F026127 és az F030056-os számú pályázatainak a támogatásával készült

Mihálcz István, egyetemi tanársegéd, Budapesti Műszaki Egyetem, Finommechanikai és Optikai Tanszék, H-1111 Budapest, Egry J. u. 1, Fax: (+36-1) 463-3787, E-mail: mihalcz@hotmail.com.

Ilie Zudor Angyalka, okl. gépészmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem-MTA SZTAKI, Integrált Gépészeti Informatikai Rendszerek Tanszék, H-1111. Kende u. 13-17, Tel: (+36-1) 466-5644/231, E-mail: ilisa@hotmail.com



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Tűzfaltípusok és alkalmazásai az Interneten

Somlai Gábor

Abstract

The concept of firewall is an effective defending strategy against unauthorized access from the Internet. This brief summary gives an outlined description of the two major types of firewall, namely the packet filtering and the proxy firewalls. The three most common types of proxy firewalls are also included in this short essay without the demand of totality. These pages also contain three sketches of frequently applied firewall topologies, and deals with the desired router configuration in order to improve the local network security.

Bevezetés

Az Internet rohamos fejlődése hamar lehetővé tette mind intézmények, mind magánszemélyek számára a hozzáférést. Így egyre nagyobb rétegnek lett mára létfontosságú a használata, mialatt az Internetes biztonságra is egyre nagyobb súly helyeződött. Egyre több hivatalt ért már támadás távoli gépekről, amelynek következményeként egyre nagyobb összegeket kénytelenek fordítani biztonságosabb hálózati megoldásokra.

A védekezés stratégiaiag kétféleképpen történhet. Az egyik módszer az, ha minden Internetről elérhető hostot egyenként vétezőnk fel biztonsági elemekkel. Ez hatásos és könnyen áttekinthető megoldás, de csak kis számú hosttal bíró hálózatok esetében. Az intézmények többsége azonban lényegesen nagyobb számítógépparkkal rendelkezik, amely lehetetlenné teszi az efféle stratégia alkalmazását. Kívánatos tehát egy olyan megoldás, amely egy hálózat összes gépét centralizáltan menedzselni képes, valamint a hálózat minden egyes pontjára egységes biztonságpolitikát tud alkalmazni. Ezen stratégia alapján működnek a tűzfalak (Firewall).

Mi is az a tűzfal?

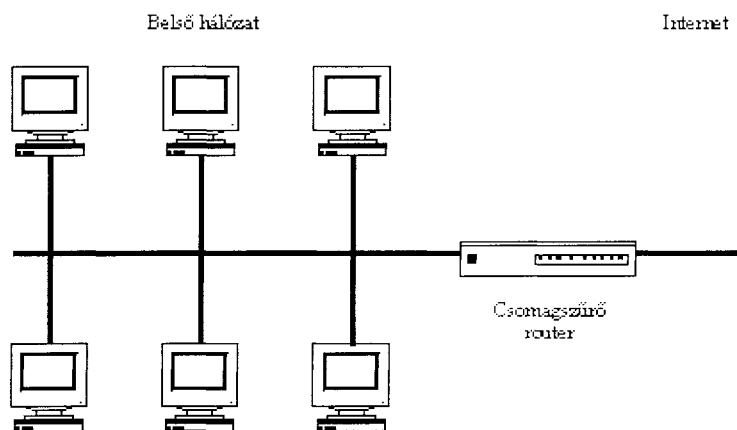
A tűzfal egy rendszer vagy rendszerek csoportja, amely két hálózat között hozzáférés-ellenőrzési politikát (access control policy) valósít meg. Ez úgy megy végbe, hogy rendelkezik egy szabályhalmazzal, amelynek megfelelően egy beérkező kapcsolatfelvételi kérésről el tudja dönteni, hogy engedélyezhető-e vagy sem. Ha megfelel a szabályoknak, akkor a kapcsolatot felépíti, ellenkező esetben a kérést egyszerűen figyelmen kívül hagyja.

Milyen típusai vannak?

Az Internet protokollja, a TCP/IP réteges felépítésű. A kommunikáció csomagokon keresztül megy végbe, a protokoll egyes rétegei egymás után helyezik a csomagra a fejlécüket. A fejlécek mindenféle, a kommunikációhoz -az adott szinten- elengedhetetlen információkat tartalmaznak, többek között a forrás- és a cél IP címet. Egyfajta csoportosítási lehetőség aszerint adódik, hogy a protokoll mely szintjén monitorozzák az átmenő forgalmat. Így különböztetünk meg *csomagszűrő* és *proxy* tűzfaltípusokat.

Csomagszűrő tűzfalak

Az IP szintjén működik, hálózati szinten monitorozza a csomagokat. A legkisebb kezelt egység a csomag, topológiáját tekintve ez a legegyszerűbb típus. Megvalósítása kétféleképpen lehetséges, hardveres vagy szoftveres úton. Az első esetben a tűzfal tulajdonképpen egy megfelelően konfigurált router, amely csak a hozzáférési listán lévő hostok csomagjait engedi át. Ez a gyakorlatban ma már a hálózatok komplexitása miatt nehezen valósítható meg. A második esetben egy egyszerű számítógép és egy router program alkotja a tűzfalat. A számítógép legalább két hálózati interfésszel rendelkezik: eggyel az Internet és egy másikkal a belső hálózat felé.

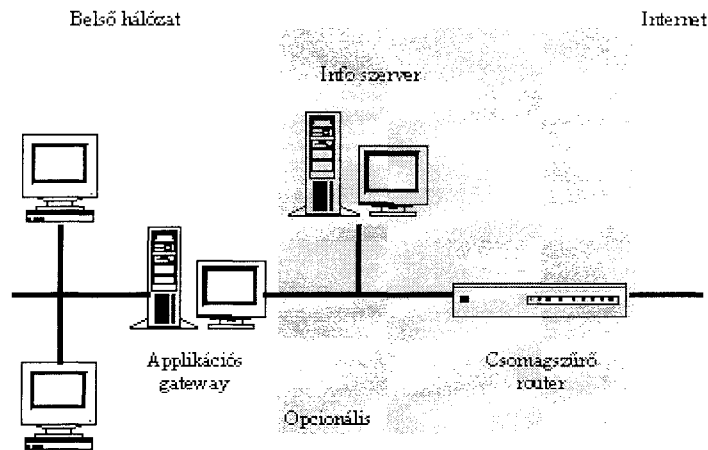


Proxy tűzfalak

A csomagszűrő tűzfalakkhoz képest magasabb szinten működnek, nem különálló csomagokat, hanem konkrét kapcsolatokat vizsgálnak, ezekre vonatkozólag alkalmazzák a szabályhalmazt. Több fajtájuk van, a Circuit Relay Firewall-ok a szállítási és a viszony réteget szűrik, míg egy kifinomultabb típus az Application Proxy, amely az alkalmazási rétegben működik, és a kapcsolatban végbemenő adatforgalom szűrését is el tudja végezni.

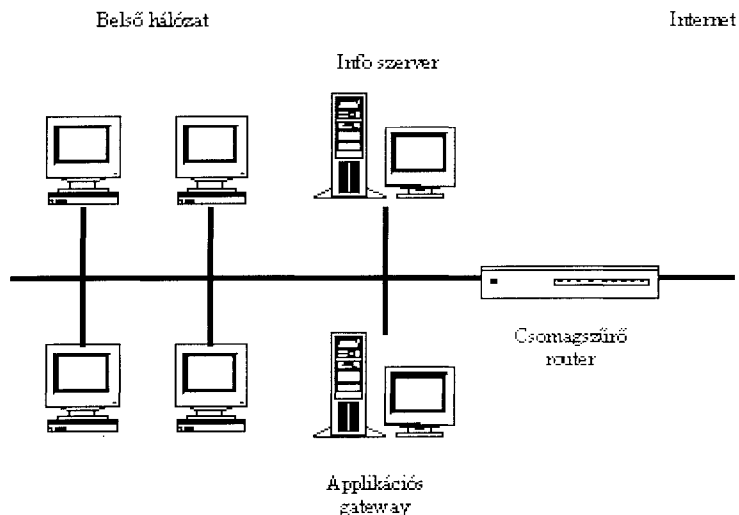
Dual Homed Gateway Firewall

Alapvetően biztonságosabb a csomagszűrő tűzfalnál. A gateway egy dedikált számítógép, amely két hálózati porttal rendelkezik, és ezen fut a proxy firewall. Az opcionális rész biztonságnövelő tényező, használatával a bekerülő csomagokat vagy csak a proxy, vagy csak az információs szerver felé küldi, és minden egyéb forgalmat letilt.



Screened Host Firewall

A Dual Homed Gateway-nél sokkal rugalmasabb megoldás, bár sokban hasonlít hozzá. A különbség annyiban nyilvánul meg, hogy a gateway csak egy hálózati interfésszel rendelkezik, és a proxy is csak a router által felé engedett csomagokat vizsgálja.



A router a következőképpen van beállítva:

- Az Internet felől érkező csomagok vagy az applikációs gateway-hez, vagy az információs szerverhez mehetnek.

- Minden egyéb, az Internetről érkező csomag tiltott.
- Belülről kifelé pedig tilt minden csomagot, amelyre van proxy a gateway-en, kivéve magától a gateway-től érkező csomagokat.

Előnye a Dual Homed Gateway-jel szemben, hogy nem kell külön alhálózat a gateway és a router közé, valamint nem kell két hálózati csatlakozó a gateway számára. A hátránya pedig - ami a rugalmasságából is adódik - az, hogy alkalmazási szinten nem ellenőrzött forgalmat is lehetővé tesz az Internet és a belső hálózat között.

Screened Subnet Firewall

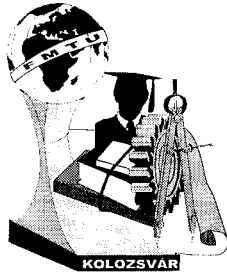
Az előző két típus előnyös tulajdonságait ötvözi ez a fajta tűzfal. A két router között egy ún. demilitarizált zóna van. Ez egyfajta köztes terület, amely azt a célt szolgálja, hogy a belső hálózatnak ne legyen közvetlen kapcsolata az Internettel. Az információs szerveren, a mail szerveren és az applikációs gateway-en kívül magában foglalhat egy modem szervert is. Az Interneten lévő router a következőképpen van konfigurálva:

- Az applikációs gateway-től és a mail szervertől az Internet felé a forgalom engedélyezett.
- Applikációs forgalom az Internet felől az applikációs gateway felé és a mail szerver felé engedélyezett.
- Minden más forgalom tiltva van.
- Ezen túlmenően megoldható a routerrel, hogy a belső hálózatra nézve specifikus csomagok (pl. NFS, NIS) ne kerüljenek ki, illetve kívülről ne kerüljenek be. A belső router feladatai a következők:
 - Az applikációs gateway és a mail szerver felőli csomagok a belső gépek felé engedélyezettek.
 - Az applikációs forgalom a belső gépektől a gateway felé engedélyezett.
 - Analóg módon az e-mail forgalom a belső gépektől a mail szerver felé szintén engedélyezett.
 - A belső gépektől az információs szerver felé menő forgalom engedélyezett.
- Minden más forgalom tiltott.

A Dual Homed Gateway-hez annyiban hasonlít, hogy egyik belső gép sem érhető el közvetlenül az Internetről és fordítva. A különbség csupán annyi, hogy két router gondoskodik a forgalom irányításáról, ami feleslegessé teszi, hogy a gateway két hálózati interfésszel rendelkezzen. A demilitarizált zónában lévő gépek felkonfigurálhatók olyan módon, hogy a belső gépeket az Internet felé elrejtse, ilyen módon azok nem igényelnek DNS bejegyzést sem.

Somlai Gábor, hallgató, Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Tanszék,

E-mail: somlai@iit.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Vasporokból hengerelt, fémhálóval erősített szalagok fontosabb mechanikai tulajdonságai

Prezensky István

Abstract

This paper contains the experimental results of powder rolling together with metal wire netting and the mechanical properties of the obtained reinforced, sintered materials. The improvement of these qualities is due to the presence of the metal wire netting in the material, research lead to the conclusion that the reinforced porous materials that a sandwich - like, powder - netting - powder, structure have the best properties on the whole that can be carried put at the moment.

1. Bevezetés

A fémhálóra a fémporrétegeket hengerlés útján sajtoljuk rá. Ezt a műveletet követi a fémhálóval erősített nyersszalagok szinterizálása és, amennyiben ez szükséges, újrateremtése. Az így gyártott, fémhálóval erősített porózus szalagok jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek és utólagos megmunkálásokat is (kivágás, hajlítás, mélyhúzás, felgöngyölés stb.) lehetővé tesznek.

2. Egyéni kutatási eredmények

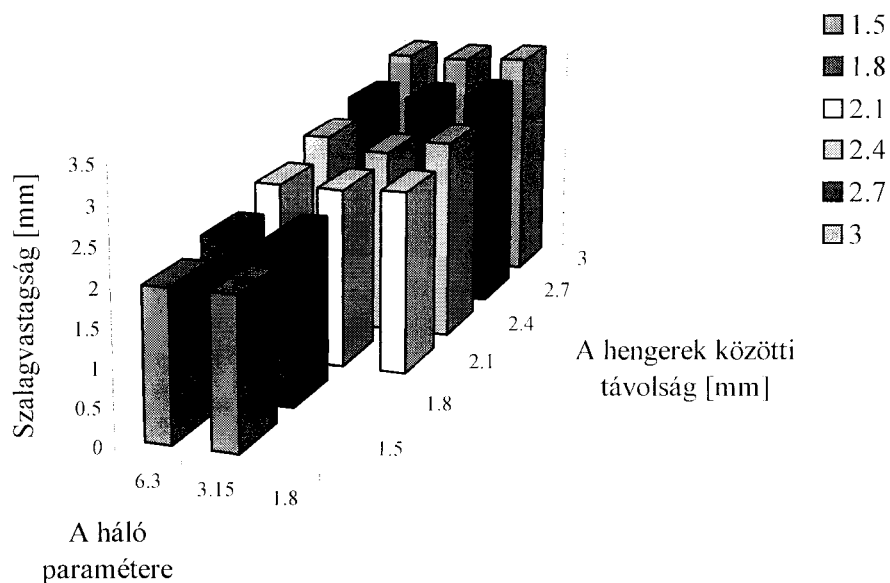
A kísérletek során román, DP 200 - 29 típusú vasport hengereltünk különböző típusú acéldrótból szőtt szitahálókra. A Kolozsvári Műszaki Egyetem egyik laboratóriumában található hengermű $D = 170 \text{ mm}$ átmérőjű hengerekkel van felszerelve. A kísérletek során $3 - 7 \text{ m/min}$ hengerlési sebességeknél $24 - 32 \text{ mm}$ széles és $1,90 - 3,20 \text{ mm}$ vastag, hálóval erősített nyersszalagokat gyártottunk. A szitahálókat a négyzetes szem oldalhosszának és a drót vastagságának az aránya, vagyis a háló paramétere alapján osztályoztuk. A különböző, változó hengerek közötti távolságokkal gyártott szalagokat 30 percen át szinterizáltuk 1080 C° hőmérsékleten a Kolozsvári Sinterom üzem egyik szalagkemencéjében, RX védőatmoszférában. Az így kapott szalagokból próbatesteket vágunk ki a szalagok főbb mechanikai tulajdonságainak a megállapítására. A kapott eredményeket az 1 táblázat tartalmazza:

1. táblázat

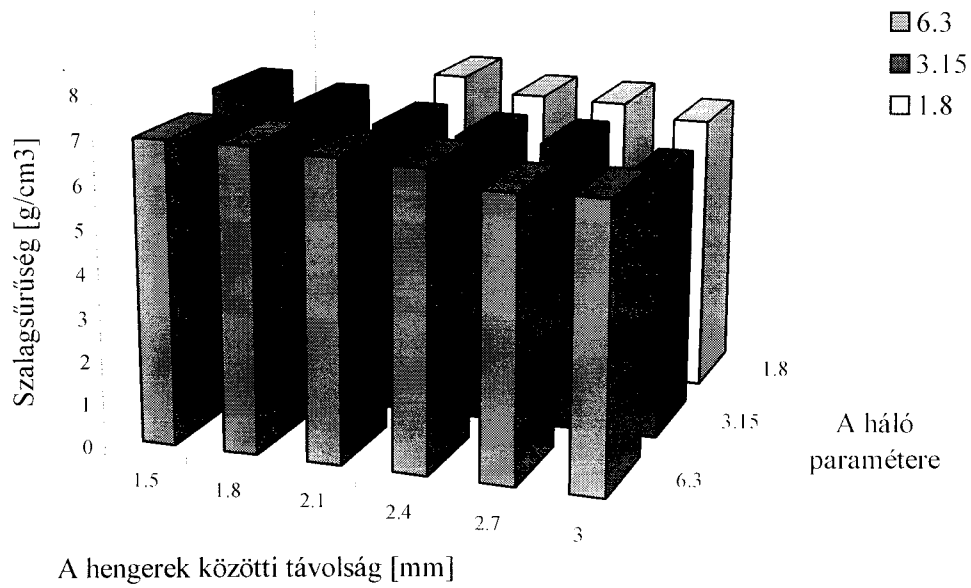
A DP 200 - 29 vasporból hengerelt, szitahálóval erősített szalagok vastagsága, sűrűsége, szakítószilárdsága és keménysége különböző hengerek közötti távolságokra (3 m/min hengerlési sebességnél)

Sor szám	Hengerek közötti távolság mm	A szitaháló paramétere	A szalag vastagsága mm	A szalag sűrűsége g/cm ³	A szalag szakítószilárdsága N/mm ²	A szalag keménysége HB
1	1,50	6,3	2,00	6,98	175,2	64
2	1,80	6,3	2,15	6,99	225,8	89
3	2,10	6,3	2,40	6,89	178,6	89
4	2,40	6,3	2,65	6,82	204,1	89
5	2,70	6,3	2,85	6,46	116,0	67
6	3,00	6,3	3,15	6,50	102,4	67
7	1,50	3,15	2,00	7,31	249,1	95
8	1,80	3,15	2,20	7,06	204,2	95
9	2,10	3,15	2,40	6,72	136,1	85
10	2,40	3,15	2,50	6,60	156,9	79
11	2,70	3,15	2,90	6,58	134,7	60
12	3,00	3,15	3,15	6,04	63,8	48
13	2,10	1,8	2,45	7,16	53,4	85
14	2,40	1,8	2,70	6,80	104,6	89
15	2,70	1,8	3,00	6,75	169,4	55
16	3,00	1,8	3,20	6,45	116,5	31,2

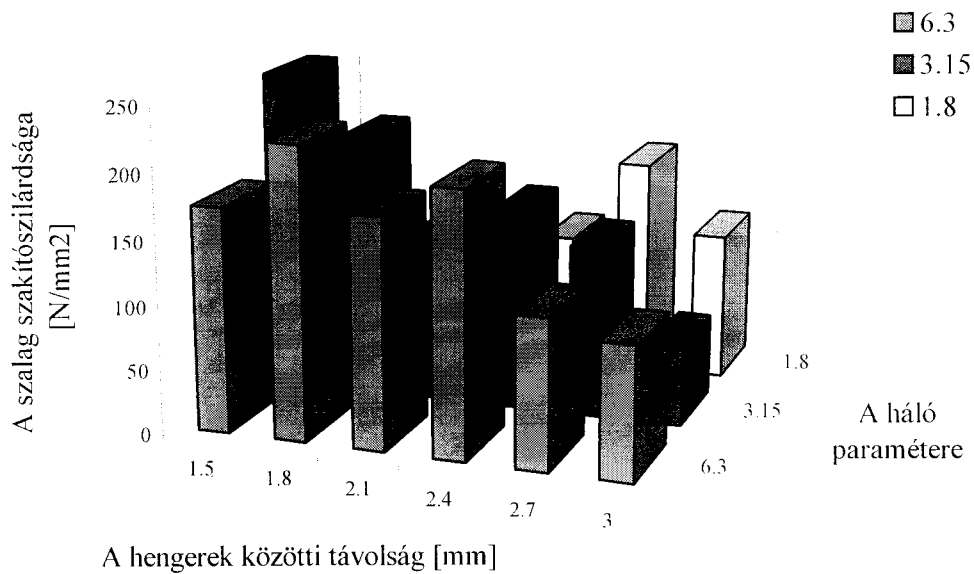
Az 1. táblázatban feltüntetett eredmények alapján ábrázoltuk a DP 200 - 29 típusú vasporból szitahálóra hengerelt többrétegű szalagok vastagságának (1. ábra), sűrűségének (2. ábra), szakítószilárdságának (3. ábra), illetve keménységének (4. ábra), a változását különböző hengerek közötti távolságok esetében.



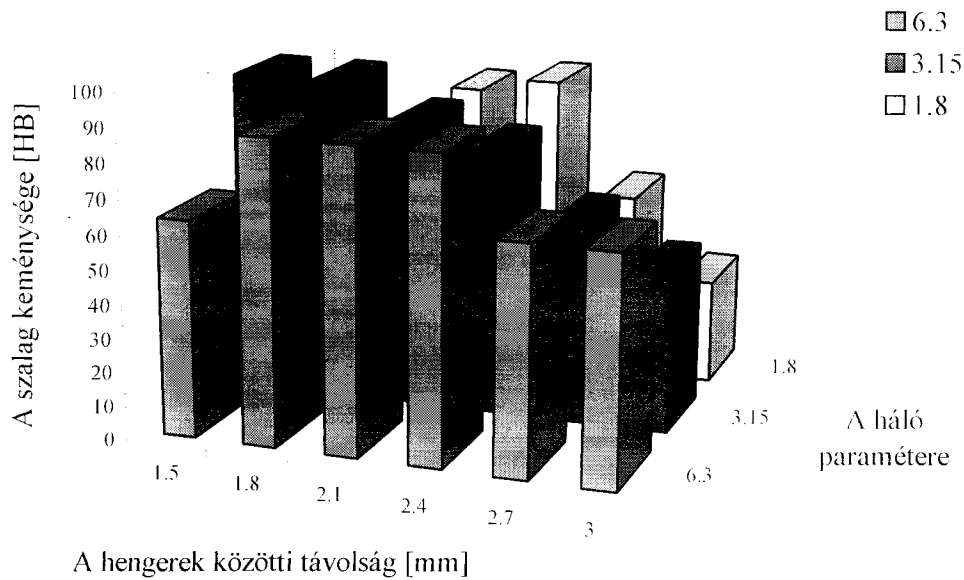
1. ábra A DP 200 -29 vasporból, szitahálóra hengerelt, többrétegű szalagok vastagsága különböző hengerek közötti távolságok esetében



2. ábra A DP 200 -29 vasporból, szitahálóra hengerelt, többrétegű szalagok sűrűsége különböző hengerek közötti távolságok esetében



3. ábra A DP 200 -29 vasporból, szitahálóra hengerelt, többrétegű szalagok szakítószilárdsága különböző hengerek közötti távolságok esetében



4. ábra A DP 200 -29 vasporból, szíathálóra hengerelt, többrétegű szalagok keménysége különböző hengerek közötti távolságok esetében

A kapott eredmények alapján a következőket állapíthatjuk meg:

- a többrétegű szalagok vastagsága majdnem lineárisan nő a hengerek közötti távolság növelésével ;
- a többrétegű szalagok sűrűsége nő a hengerek közötti távolság csökkentésével ;
- a legjobb szakítószilárdsággal és keménységgel azok a többrétegű szalagok rendelkeznek, amelyeket 1,5 - 1,8 mm hengerek közötti távolságnál hengereltünk és amelyek sűrűsége 6,72 - 7,31 g/cm³ között változik.

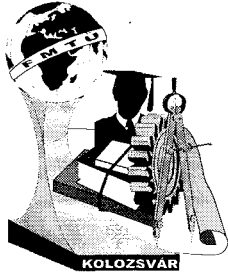
3. Következtetések

A többrétegű és fémhálóval erősített szalagok elméleti fejlesztésével és a gyártástechnológia során fellépő problémák megoldásával, újabb típusú szinterizált szalagok és lemezek is előállíthatók, mint például: porózus lemezek nagyteljesítményű akkumulátorelektrodákhoz; acélszalagokra hengerelt önkenő porózus fémréteggel ellátott bimetáll szalagok siklócsapágyak gyártásához; fémhálóval erősített, hengerelt fémporkeverékekből vagy más sűrűsodó anyagokból álló szalagok fékek és kuplungtárcsák gyártásához.

Prezensky István, okleveles gépészmérnök, doktorandusz

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

tel / fax. 064 - 191729



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Vasporokból hengerelt szalagok fontosabb mechanikai tulajdonságai

Prezensky István

Abstract

This paper contains the experimental results of powder rolling and the mechanical properties of the obtained sintered layers. The results in this paper must be used for producing different types of porous and compact rolled bands out of powders or of mixture of metal powders on an industrial scale.

1. Bevezetés

A fémportok feldolgozásának, vagyis a nyersdarabok előállításának az egyik változata a hengerlés. Itt a port, két egymással szembe forgó henger közé adagolják, amelyek a súrlódási erők hatására maguk közé húzzák és egy folyamatosan kilépő, kis vastagságú féltermékké sajtolják, amelyeket azután egy előszinterizáló folyamatnak vetnek alá. Az így kapott szalagok mechanikai tulajdonságainak az ismerete fontos az utólagos műveletek (újraközelítések, zsugorítások stb.), illetve megmunkálások (kivágás, hajlítás, felgöngyölés stb.) szempontjából.

2. Egyéni kutatási eredmények

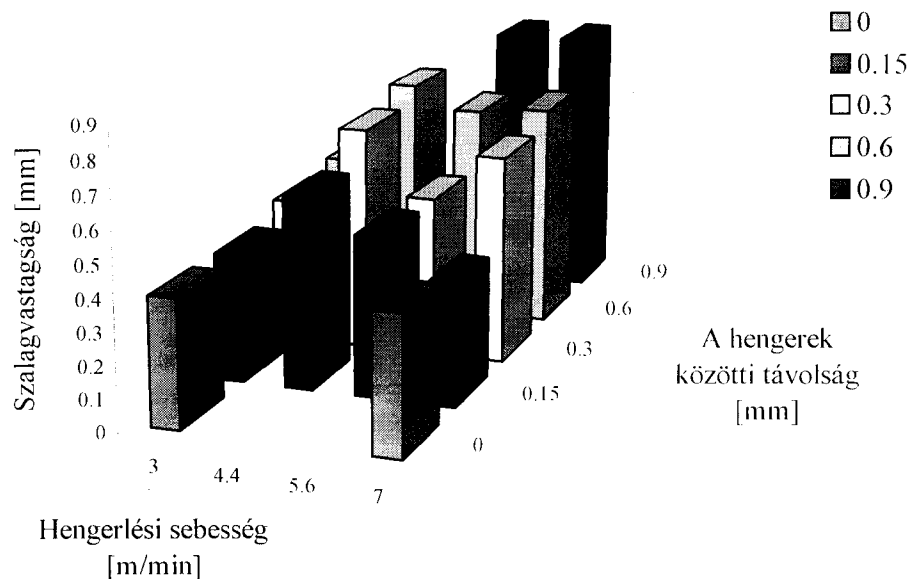
A kísérletek során román, *DP 200 - 29* típusú vasport hengereltünk a *Kolozsvári Műszaki Egyetem* egyik laboratóriumában található hengerművel, mely $D = 170 \text{ mm}$ átmérőjű hengerekkel van felszerelve. A kísérletek során $3 - 7 \text{ m/min}$ hengerlési sebességeknél $33 - 39 \text{ mm}$ széles és $0,38 - 0,85 \text{ mm}$ vastag nyersszalagokat gyártottunk. A különböző hengerlési sebességekkel és hengerek közötti távolsággal gyártott szalagokat *30 percen* át szinterizáltuk 1080 C° hőmérsékleten a *Kolozsvári Sinterom* üzem egyik szalagkemencéjében, *RX* védőatmoszférában. Az így kapott szalagokból próbatesteket vágunk ki a szalagok főbb mechanikai tulajdonságainak a megállapítására. A kapott eredményeket az *1 táblázat* tartalmazza:

1. táblázat

A DP 200 - 29 vasporból hengerelt szalagok vastagsága, sűrűsége, szakítószilárdsága és keménysége különböző hengerlési sebességekre és hengerek közötti távolságokra

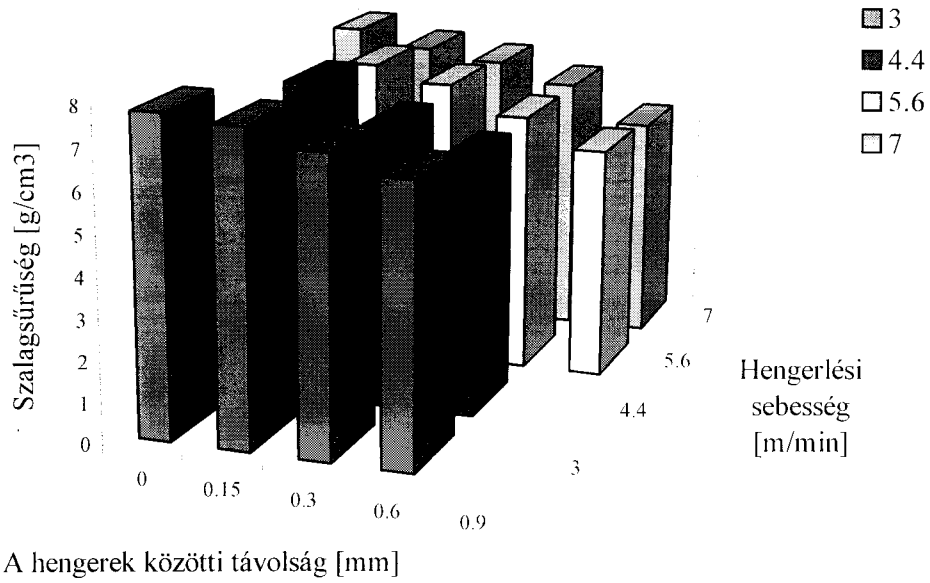
Sor szám	Hengerlési sebesség m/min	Hengerek közötti távolság mm	A szalag vastagsága mm	A szalag sűrűsége g/cm ³	A szalag szakítószilárdsága N/mm ²	A szalag keménysége HB
1	3,0	0,00	0,40	7,82	114,7	85
2	3,0	0,15	0,40	7,65	241,2	79
3	3,0	0,30	0,45	7,22	172,2	71
4	3,0	0,60	0,48	6,78	108,7	64
5	4,4	0,15	0,60	7,83	152,9	79
6	4,4	0,30	0,70	6,94	83,6	75
7	4,4	0,60	0,75	6,34	67,5	57
8	5,6	0,15	0,50	7,52	150,2	79
9	5,6	0,30	0,50	7,15	161,3	60
10	5,6	0,60	0,68	6,45	65,1	48
11	5,6	0,90	0,85	5,74	54,0	21,8
12	7,0	0,00	0,43	7,62	139,8	85
13	7,0	0,15	0,38	7,21	149,8	71
14	7,0	0,30	0,65	6,96	231,2	35,2
15	7,0	0,60	0,70	6,48	149,1	26
16	7,0	0,90	0,85	5,54	97,7	0

Az 1. táblázatban feltüntetett eredmények alapján ábrázoltuk a DP 200 - 29 típusú vasporból hengerelt szalag vastagságának (1. ábra), sűrűségének (2. ábra), szakítószilárdságának (3. ábra), illetve keménységének (4. ábra), a változását különböző hengerlési sebességekre, illetve különböző hengerek közötti távolságokra.

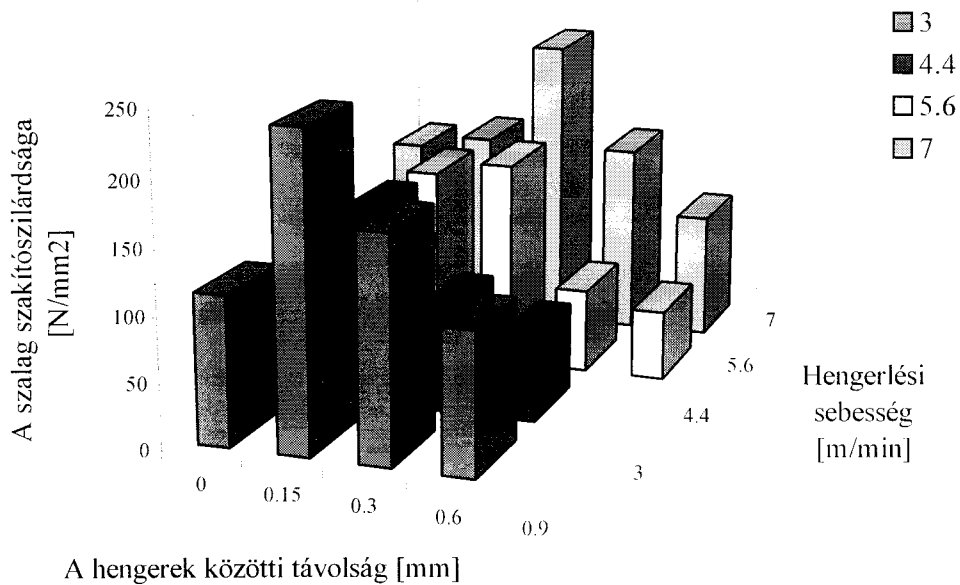


1. ábra A DP 200 -29 vasporból hengerelt szalagok vastagsága különböző

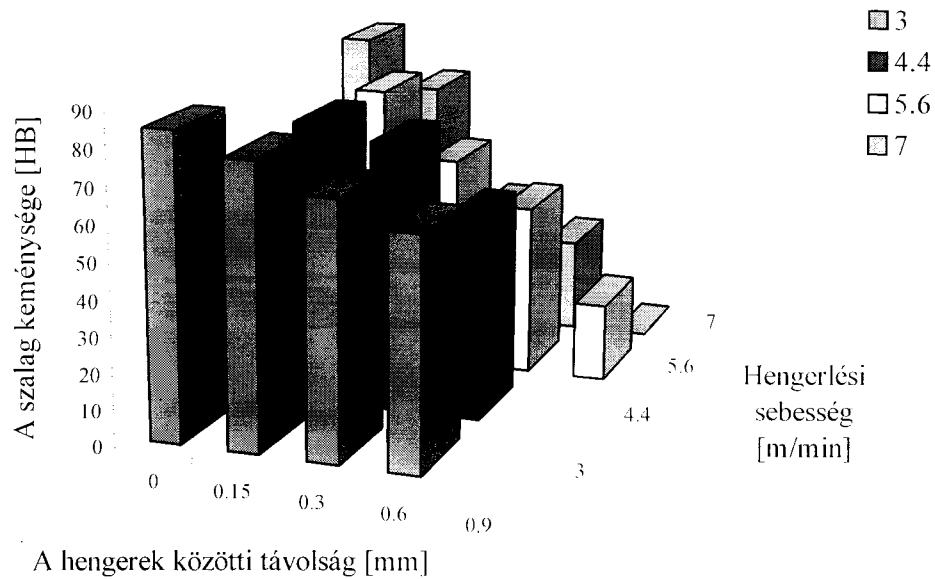
hengelési sebességekre és hengerek közötti távolságokra



2. ábra A DP 200 -29 vasporból hengerelt szalagok sűrűsége különböző hengerlési sebességekre és hengerek közötti távolságokra



3. ábra A DP 200 -29 vasporból hengerelt szalagok szakítószilárdsága különböző hengerlési sebességekre és hengerek közötti távolságokra



4. ábra A DP 200 -29 vasporból hengerelt szalagok keménysége különböző hengerlési sebességekre és hengerek közötti távolságokra

A kapott eredmények alapján a következőket állapíthatjuk meg:

- a szalagok vastagsága majdnem lineárisan nő a hengerek közötti távolság növelésével ;
- a szalagok sűrűsége nő a hengerek közötti távolság csökkenésével, nagyobb sebességek esetében pedig nagyobb mértékben ;
- a legjobb szakítószilárdsággal és keménységgel azok a szalagok rendelkeznek, amelyeket 0,15 - 0,30 mm hengerek közötti távolsággal hengereltünk és amelyek vastagsága 0,38 - 0,65 mm, illetve sűrűsége pedig 6,96 - 7,83 g/cm³ között váltakozik.

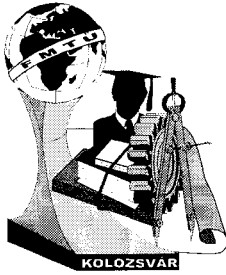
3. Következtetések

Az elért kísérleti eredmények igazolják, hogy a hengerlés fontosabb paraméterei (sebesség, hengerek közötti távolság) döntően befolyásolhatják a szalagok méreteit és tulajdonságait. Fontos lehet ezek összehangolása a gyártandó félkész termékek előírt tulajdonságaival, illetve a hengerlés gazdaságossá tétele érdekében minél nagyobb hengerlési sebességek alkalmazása.

Prezensky István, okleveles gépészmérnök, doktorandusz

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

tel / fax. 064 - 191729



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Képlékenyalakító szakértői rendszerekbe implementált számítási összefüggések kidolgozása

Klementis Otto, Gál Gaszton, Klementis Csilla

Summary

The aim of this work is to summarize some recent work regarding the calcul formulas in the domain of cold metal forming. The basic considered operation was the extrusion process. Many relations exist regarding this process but just a few allow the optimisation of the process parameters. Even these relations because of many simplifications (necessary for the simple final form of the expression) has a low precision of results in certain domain of deformation cone semiangle. Because the actual computing systems allows the using of more complicated calcul expressions without problems, the reconsidering of the simplifications can be done. Applying the results in expert systems allow us to make pore exact designg and better optimisations in this field. The work presents an comparation of some recentry osed calcul relations and an extended one proposed by the author. Also some considerations about the necessity of using these relation in expert systems will pe presented.

Bevezető

A képlékenyalakítási műveletek jellemzőinek számítására számos összefüggés ismeretes. Az egyes szerzők az összefüggések levezetése során különböző közelítésekkel alkalmaztak, hogy zárt alakú, könnyen használható számítási formulát nyerjenek. A technika akkori állásánál ezek a számítási módok nagy előrelépést jelentettek. A szakértői rendszereknél az alakítási feladatok optimális megoldása a cél, ezért a közelítő képletek vizsgálatra szorulnak. E rendszereknél a bonyolult vagy az iterációs számítási eljárások sem okoznak nehézséget. Jelen dolgozat ezen problémákra mutat rá néhány, a redukálási/folytatási műveletek tervezéséhez általánosan használt közelítő összefüggés vizsgálatán keresztül bemutatva, a kevesebb közelítéssel kidolgozott összefüggés előnyeit, valamint az összefüggések által lehetővé tett optimalizálás egyik módozatát.

Alkalmazott összefüggések

A redukálás/folytatás számítására vonatkozó általánosan használt összefüggések arra alapozódnak, hogy az alakítási zónából célszerűen kiválasztott elemi térfogatra ható erők eredője nulla. Ez általában differenciál-egyenletrendszerre vezet, amelynek zártalakú megoldásához számos közelítést kell bevezetni. Ezáltal az összefüggések ugyan egyszerűbbé válnak, viszont bizonyos

paraméter értékeknél jelentős hibát tartalmaznak. Ez a tény az összefüggések érvényességi tartományát nehezen kontrollálható módon leszűkíti, s ez kizárja az optimálásnál való felhasználását. A redukálás/folytatás tervezését segítő szakértői rendszernek elsősorban az a feladatot kell megoldani, hogy egy adott munkadarab milyen optimális technológiai műveletekkel, milyen közbenső alakítási fázisokkal készíthető el. Egy összetett munkadarab alakítási technológiájának kidolgozásakor első lépés a szükséges technológiai hozzáadások, nevezetesen a hengeres részek között megengedhető kúpszögek meghatározása. Ugyanis ismeretes, hogy folytatásnál az alakítási félkúpszög túl nagy értékei esetén az alakítás során úgynevezett holt zóna jöhet létre, amely nem alakváltozik. Ennek határfelületén spontán folytatókúp alakul ki, ahol a rendkívül nagy alakváltozás miatt repedés keletkezhet, ami selejtes darabot eredményez. Ezek miatt a félkúpszög nem növelhető bizonyos határokon túl. Ezek alapján nyilvánvaló, hogy a munkadarab minden átmérőugrásánál meg kell határozni azon határkúpszögeket, amelyekkel elvégezhető az alakítás. Ezek meghatározzák az alakítandó darab geometriáját. A maximális megengedhető kúpszögre a szakirodalomban nem található adatok, viszont számos összefüggés ismeretes az optimális félkúpszög meghatározására, amelyeket a közelítő formulákból vezettek le. Ez általában 12° körüli értékre adódik, de ennek is az értéke jelentősen függ az anyagminőségtől és a súrlódási együtthatótól.

Tehát a szakértői rendszer feladata először egy alakítással elkészíthető darab geometriájának meghatározása, majd olyan sorrendtervek generálása, amely adott méretválaszték szerinti rúdakból kiindulva valamennyi alakítási fázis összes geometriai és egyéb jellemzőit tartalmazza. Tömör hengeres anyagok kezdeti átmérőjének csökkentésére szolgáló technológia a redukálás és a folytatás. A következőkben ezeknek a technológiáknak számítására használt, a szakirodalomból származó összefüggések vizsgálatát végezzük el, a számítógép adta jobb közelítések lehetőségeit is kihasználva.

Siebel a kúpos csatornában végzett alakítás esetére [1] a differenciál egyenlet megoldása után a tengelyirányú feszültségkomponens meghatározására a következő összefüggést határozta meg:

$$\sigma_z = C e^{-\frac{\mu}{\operatorname{tg}(\alpha)\varphi}} + \left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\alpha)}{\mu}\right) k_{fk} \quad (1)$$

- ahol φ a logaritmus alakváltozás, α az alakítási félkúpszög, k_{fk} a közepes alakítási szilárdság és μ a súrlódási együttható.

Az (1) összefüggéshez hozzáadva a belépő és a kilépő keresztmetszeteknél létrejövő szögtorzulásokhoz létrehozásához szükséges axiális feszültség komponens a kapott összefüggés:

$$\sigma_z = C e^{-\frac{\mu}{\operatorname{tg}(\alpha)\varphi}} + \left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\alpha)}{\mu}\right) k_{fk} + \frac{4}{3\sqrt{3}} k_{fk} \alpha \quad (2)$$

Figyelembe véve, hogy a redukálásnál a kilépő keresztmetszetben, ahol az alakítás mértéke φ_1 , a tengelyirányú feszültség nulla, valamint más közelítéseket az alábbi formulához jutunk:

$$\sigma_z = k_{fk} * \varphi \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + 0.77 \frac{\alpha}{\varphi} \right) \quad (3)$$

Tapalaga [2, pag 141.] a következő összefüggést vezette le folytatási feszültség számítására:

$$\sigma_z = k_{fk} * \varphi \left(1 + \frac{\mu}{\sin(\alpha)} \right) \quad (4)$$

A (4) összefüggés nem tartalmazza a szögtorzuláshoz szükséges feszültség komponensét. Ez csak melegen végzett extrudálás esetén igaz, ugyanis a présmaradék ennél a szögnél minimális valóban. A 90°-os alakítószerszámmal való hidegfolytatásnál azonban igen rosszak az alakváltozási feltételek. Ha figyelembe vesszük a Siebel által meghatározott szögtorzulási feszültség komponensét is, akkor meghatározható az optimális kúpszög:

$$\sigma_z = k_{fk} * \varphi \left(1 + \frac{\mu}{\sin(\alpha)} + 0.77 \frac{\alpha}{\varphi} \right) \quad (5)$$

Kurt-Lange [3] a következő összefüggést javasolja a folytatási feszültség számítására:

$$\sigma_z = \left(1 + \frac{\tan(\alpha)}{\mu} \right) k_{fk} (1 - e^{-m\varphi}) \quad (6)$$

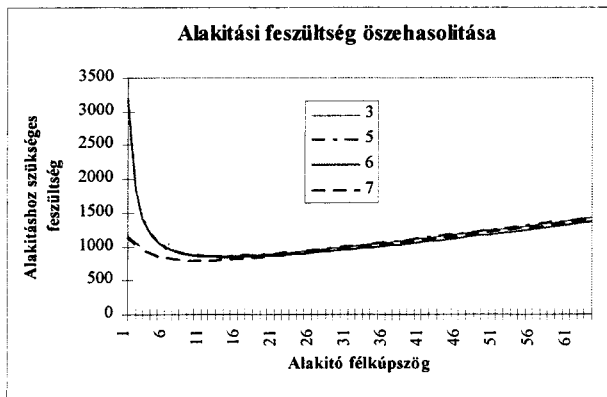
Jelen dolgozat szerzői a következő - kevesebb közelítést használó, bonyolultabb, de pontosabb eredményt adó - összefüggést javasolják a kúpos csatonában való folytatási feszültség számítására:

$$\sigma_z = \left(1 + \frac{\tan(\alpha)}{\mu} \right) k_{fk} (1 - e^{-m\varphi}) \quad (7)$$

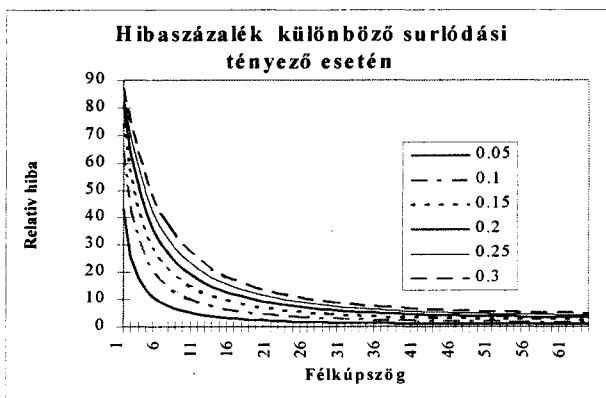
Kiszámítva és ábrázolva az alakítási feszültségeket a (3),(5),(6),(7) képletekkel egy adott súrlódási együtthatónál és különböző alakító félkúpszögeknél esetén az 1. ábra diagramjait kapjuk:

Amint az 1. ábrából látható, a (3),(5),(6) általánosan használt közelítő összefüggések (az (5)-nél korrekciót alkalmazásával ugyan) jó közelítéssel azonos eredményeket szolgáltatnak, viszont kis kúpszögek esetén az eltérések a (7) pontosabb összefüggéstől már jelentősek, illetve az alakító feszültség minimuma, vagyis az optimális kúpszög is eltérő. Ezért nyilvánvaló, hogy a (3),(5),(6) közelítő formulák implementálása a szakértői rendszerbe az optimális kúpszög értékének eltolódásához vezet. A 3, 5, 6 görbéket vizsgálva látható, hogy kis kúpszögek esetén a feszültség növekedés nagyobb, ami arra a következtetéshez vezethet, hogy előnyösebb nagyobb kúpszögű

szerszámmal folytatni, ami nyilvánvalóan téves, ha figyelembe vesszük a pontosabb (7. görbe) lefutását.



1. ábra. Az alakítási feszültségek összehasonlítása a különböző összfüggések esetén. ($d_0=20\text{ mm}$, $d=16\text{ mm}$, $k_f=625\text{ N}$, $n=0.2$, $\varphi_0=0.05$, $\mu=0.1$)



2. ábra. Százalékos eltérés a (3) és a (7) összfüggés között különböző surlódási együtthatók esetén ($d_0=20\text{ mm}$, $d_f=16\text{ mm}$, $k_f=625$, $n=0.2$, $\varphi_0=0.05$)

elérése céljából.

Szakirodalom

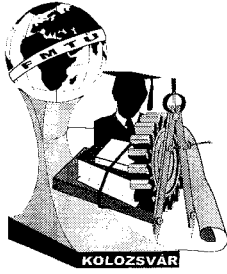
- [1] Gál Gaszton, Kiss Antal, Sárvári József, Képlékeny hidegalakítás, Nemzeti tankönyvkiadó, Miskolc, 1993, p.:315.
- [2] Tăpălagă I., Berce P., Achimaș Gh., Extrudarea metalelor la rece, Editura Dacia, 1986, Cluj-Napoca, România, p.:343.
- [3] Billigmann J., Heinz D. Feldmann, Sajtolás és zömítés, Műszaki könyvkiadó, 1977, Budapest, Hungary, p.:583.

Klementis Otto, doktorandusz, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék tel: (46) 565111, fax (46) 363929, E-mail: metklem@gold.uni-miskolc.hu

A (3) közelítő és a (7) pontosabb összefüggésekkel számított alakítási feszültségek közötti relatív hibák nagyságát a 2. ábra mutatja különböző surlódási tényezők esetén. A görbékét összehasonlítva látható, hogy a (3) közelítő hibája a félkúpszögtől is és a surlódási együtthatótól is nagy mértékben függ.

Következtetések

A dolgozat bemutatja a folytatás számítására a szakirodalomban található közelítő képletek és a pontosabb formulák eredményeinek eltérését. Látható, hogy a képletek levezetésénél nem feltétlenül szükséges zártalakú megoldásokra törekedni, mert ezek jelentős hibákhoz vezethetnek. Ezek a hibák a számítógépek alkalmazásával kiküszöbölhetőek. Ugyanakkor bemutatja annak a szükségességét is, hogy a szakértői rendszerbe beépített összefüggéseket célszerű gondosan megvizsgálni a pontosabb és megbízhatóbb eredmények



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

FELÜLETI AUSZTENIT NÖVEKEDÉS FOLYAMATÁNAK KISÉRLETI VIZSGÁLATA

Dr. Tóth László

EXPERIMENTAL STUDY OF SURFACE AUSTENITE GRAIN GROWTH PROCESS (Abstract)

In this paper, an experimental technique destined for studying the surface transformation phenomena occurring in steels during heating and cooling is presented. The method is based on the use of a computerised system including a vacuum microscope and a digital image analyser. Experiments performed on a HSLA steel verified, that the developed system can be efficiently applied to study not only the surface transformation processes but to select the optimum heat treatment parameters as well.

Bevezetés

A legtöbb megalakítási, hőkezelési és hegesztési technológiánál az acél hevítés során ausztenites állapotba kerül, majd lehűléskor az ausztenit különböző átalakulási termékekké bomlik.

Az acél mechanikai, fizikai, kémiai tulajdonságait kémiai összetétele és szövetszerkezete határozza meg. Egy adott acél kémiai összetétele konstans, ezért tulajdonságait egyértelműen a szövetszerkezet szabja meg. A különböző technológiák során kialakuló szövetszerkezet az alábbiaktól függ:

- kiinduló szövetszerkezettől;
- a hevítés és hűntartás során keletkező ausztenit homogenitásától és szemcsenagyságától;
- az ausztenit lehűlése során végbemenő átalakulásától.

Ha az allotróp átalakulással rendelkező acélok tulajdonságait a megalakítási, hőkezelési és hegesztési technológiák során tudatosan kívánjuk megváltoztatni, illetve céljaink szerint optimalizálni, ismernünk kell a hevítéskor és hűntartáskor lejátszódó ausztenitesedést és a lehűléskor, illetve lehűlés közbeni hűntartáskor végbemenő ausztenit átalakulás folyamatát.

Az ausztenit szemcsemérete függ:

- az acél szemcsedurvulási hajlamától;
- a felhevítés és hűntartás hőmérsékletétől és idejétől;
- az ausztenit növekedését gátló ún. második fázis (nitridek, karbidok) feloldódási kinetikájától.

Az acél szemcsedurvulási hajlama alatt azt értjük, hogy adott túlhevítés esetén milyen mértékű a szemcsedurvulás. Ez lényegében attól függ, hogy az acél szerkezetében milyen mértékben vannak jelen " a diffúziót gátló" akadályok.

Az ausztenit szemcsemérete az ausztenitesítési hőmérséklet növelésével növekszik. A durvaszemcsés ausztenitből durva átalakulási termékek képződhetnek. Ezért az ausztenit szemcsedurvulása az acél mechanikai tulajdonságait, főleg szívósságát, ütőmunkáját, átmeneti hőmérsékletét és kifáradási határát erősen rontja. Ennek elkerülése végett általában finomszemcsés ausztenit elérésére törekszünk.

A szilárdság növelésére általában a C, Mn ill. más elemekkel (általában karbidképzőkkel) való ötvözést alkalmaznak. Ez a megoldás a hegesztett acélok esetében a hegeszthetőség korlátozása miatt csak korlátozott mértékben alkalmazható. Ezért ezeknél az acéloknál a szilárdság (főleg a folyáshatár) növelését az acél szemcsenagyságának csökkentésével lehet elérni. Ezeket a "finomszemcsésített" acélokat nitrid- illetve karbidképző elemek mikroötvözésével lehet elérni. A külföldi szakirodalom HSLA (high -strength low-alloy = nagy szilárdságú gyengén ötvözött) acéloknak nevezi. [1] . A hegesztett szerkezetek acéljait a tulajdonságok szórásának csökkentése érdekében leginkább normalizáló hőkezelésnek vetik alá. [2] .

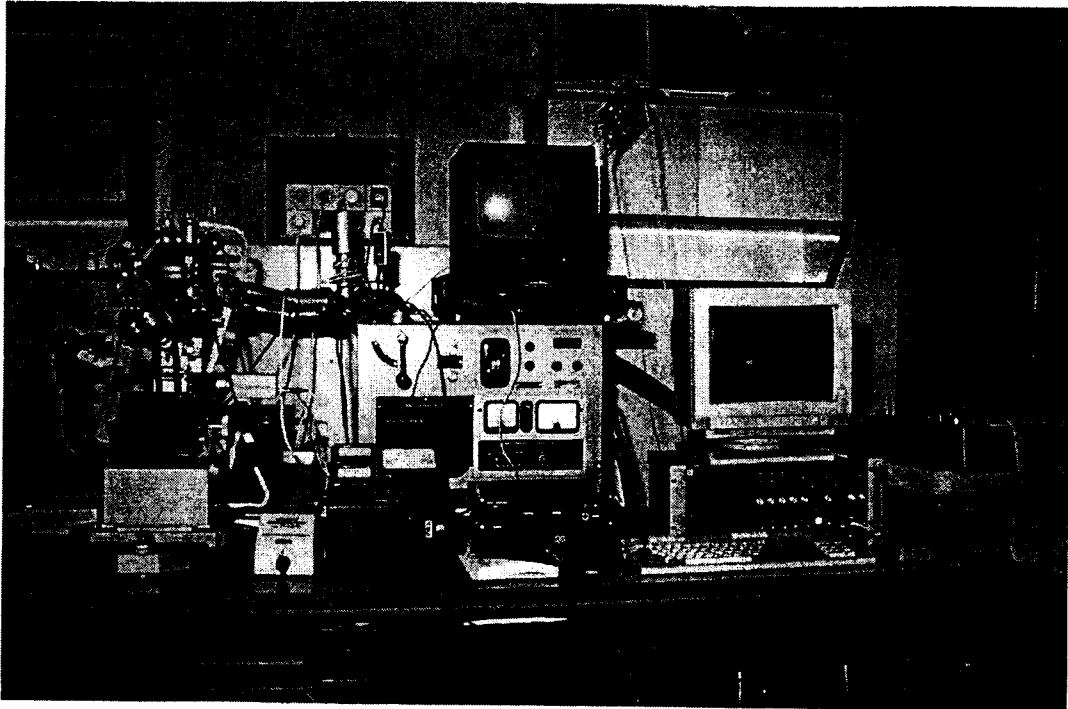
A mikroötvözés azért növeli hatékonyan a szilárdságot, mert a létrejött nitridek a normalizálás ausztenítési hőmérsékletén gátolják az ausztenit szemcsedurulást. A nitridzárványok útját állják a kristályhatár mozgásoknak. Hasonló hatásmechanizmust fejtenek ki az igen erős karbidképzők által létrehozott, nehezen oldódó diszperz karbidok is. Viszont a finomszemcsésítés hatása csak addig a hőmérsékletig érvényesül ameddig a blokkoló karbid, vagy nitrid nem megy. Ezt a kritikus hőmérsékletet meghaladva a finomszemcsés acél akár még jobban is eldurvulhat mind a hagyományos. [3] .

A finomszemcsésített acélok kedvező tulajdonságainak kihasználása tehát csak megfelelő technológiai fegyelem betartásával lehetséges. A hegesztett szerkezetek acéljai esetében például a kedvező átmeneti hőmérséklet csak optimális hőmérsékletű normalizálással érhető el.

Dolgozatomban egy HSLA típusu acélon egy speciális berendezés valamint képelemzési módszer felhasználásával a felületi ausztenit növekedés folyamatát vizsgáltam az optimális normalizálási hőmérséklet meghatározása céljából.

A berendezés ismertetése [4]

Az ausztenites átalakulás és az ausztenitzemcse növekedésének vizsgálatára szánt berendezés az alábbi képen látható.



A vizsgálandó próbatest egy dupla falú vízhűtéses "kemencébe" van behelyezve, mely két rozsdamentes acélból készült. A próbatest hevítése hőszugárzás útján történik wolfram fűtőszál segítségével. A kemence belsejében 10^{-7} Torr vákum található. A próbatest hűtését argon védőgáz befúvatásával oldottuk meg.

A kemence egy optikai mikroszkóphoz van csatlakoztatva melyen keresztül folyamatosan láthatók a vizsgálandó próbatest felületén történő szövetszerkezeti változások a termikus maratás segítségével. Ezeket a változásokat egy videokamerán keresztül videorekorderrel rögzítettük archiválás valamint további vizsgálatok és kiértékelés céljából.

A kívánt hevítési , hőntartási és hűtési ciklusok elérése érdekében számítógépes vezérlést alkalmaztunk. A vezérléshez gyakorlati úton meghatározott un. jósló (PID) algoritmust készítettünk, mely segítségével nagy pontossággal tartható be a tervezett hőkezelési ciklus-diagram.

Vizsgálati módszer

A felületi ausztenit növekedés vizsgálatára a különböző hevítési ciklusok során kapott ausztenites szövetképeket egy IMAN és MATROX INSPECTOR szoftverrel valamint videokártyával rendelkező számítógépes rendszerbe vittem be. Ezután kidolgoztam egy több lépéses képelemzési módszert, mely segítségével a következő jellemzőket lehet meghatározni valamint elemezni:

- a szemcsék területe;
- a szemcsék kerülete;
- a szemcse átlagos Feret-átmérője.

A kapott mérési eredményekből kiszámítható például egy acél felületén levő ausztenit szemcsék átlagos Feret-átmérője, illetve különféle diagramok szerkeszthetők a kerület, terület valamint átmérő függvényében.

Gyakorlati alkalmazás, mérési eredmények

Egy hegeszhető HSLA típusú acél felhasználásával kísérleteket végeztem az optimális normalizálási hőmérséklet meghatározása céljából.

A vizsgált acél vegyi összetételét az alábbi táblázat tartalmazza:

Vegyi összetétel (%)										
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Nb
0.12	1.18	0.41	0.012	0.012	0.14	0.26	0.32	0.22	0.10	0.10

A méréseket hat darab próbatesten végeztem, melyeknek kiinduló szövetszerkezete azonos volt. Mind a hat mérés esetében a hevítési sebesség 30°C/sec volt, valamint a hőntartási időt is változtatlanul tartottam éspedig 30 percig. Kizárólag a normalizálási hőmérséklet értékét változtattam a vizsgálat során.

A mérések során regisztrált hat ausztenites szövetképet képelemző módszerrel vizsgálva, az alábbi táblázatban összesített adatokat kaptam eredményül:

Normalizálási hőmérséklet (°C)	Átlagos Feret- átmérő (µm)
940	35.21
960	35.40
980	35.84
1000	36.19
1030	60.71
1040	61.07

A szemcseátmérőnek a hőmérséklet függvényében való változásának számszerű jellemzésére az alábbi négy paraméteres empirikus matematikai függvényt használtam:

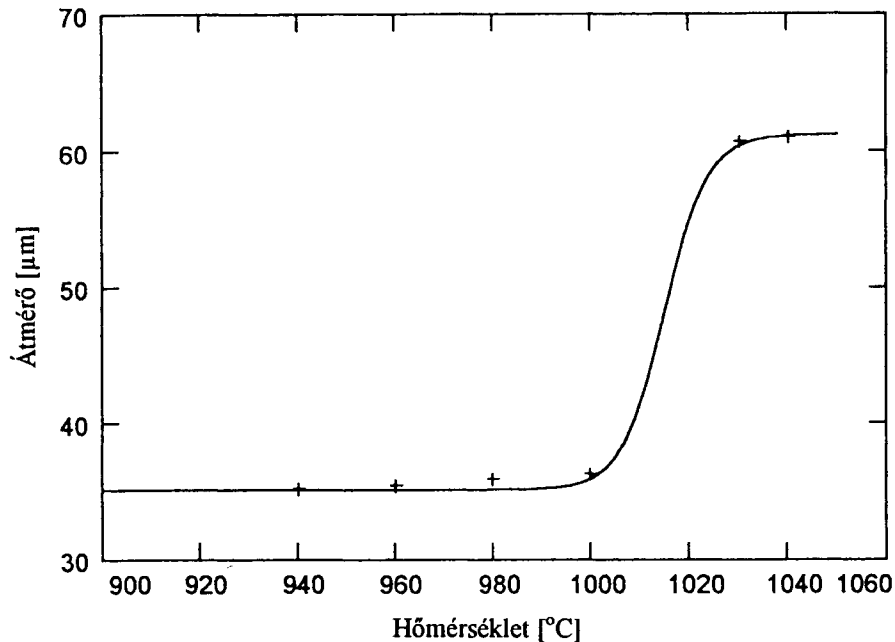
$$D(T) = D_{\min} + D_m \left\{ 1 + \tanh\left(\frac{T - T_m}{C}\right) \right\}$$

- ahol:
- D - a szemcseátmérő µm-ben;
 - T - a hőmérséklet °C-ban;
 - D_{min}, D_m, T_m és C pedig célszerűen választott konstansok.

A szemcseátmérő számítására kiszemelt függvény ismeretlen paramétereit a MATLAB szoftver felhasználásával (numerikus módszert alkalmazva) határoztuk meg:

- $D_{\min}=35.1 \mu\text{m}$;
- $D_m = 13.05 \mu\text{m}$;
- $T_m = 1015 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $C = 8.7 \text{ }^\circ\text{C}$.

A választott függvény jól illeszkedik a mérési adatokra. Ezt igazolja az számított totális korrelációs együttható 1-hez közeli értéke ($R_t = 0.98$), továbbá az alábbi diagram is, mely egyben az ausztenit szemcsedurvulási kinetikáját ábrázolja:



A választott függvénnyel, melynek értelmezési tartománya 940-1040 °C hőmérséklet intervallum, tetszőleges hőmérséklet esetén becsülhető az ausztenit szemcseátmérője. A fenti diagramból és a mellékelt táblázat adataiból megállapítható, hogy a vizsgált acél esetében 1000°C az a küszöbhőmérséklet, amely felett már megkezdődik a rohamos szemcsedurvulás és a duplex szemcseszerkezet kialakulása. Tehát e hőmérséklet fölötti normálizálás esetében szemcsedurvulás lép fel.

Összefoglalás

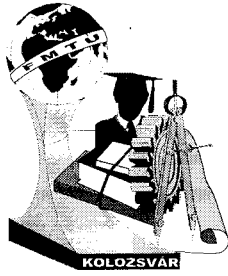
A dolgozatban egy olyan vizsgálóberendezést ismertettem, mely segítségével többek között tanulmányozható a fémek és ötvözeteik felületén végbemenő szövetszerkezeti átalakulások, morfológiai és kinetikai változások. A kidolgozott képelemző módszer segítségével elemezhető a felületi ausztenit növekedés folyamata, mely gyakorlati alkalmazásként például az optimális hőkezelési hőmérsékletek meghatározásához nyújthat segítséget.

Felhasznált irodalom

- [1] P.L. Harrison, M.N. Watson, R.A. Farrar: How niobium influence SA mild steel weld metals, *Welding and Metal Fabrication*, , pg. 161-169, April 1981.
- [2] Gáti J., Horváth L., Kisfaludy A., Kovács M., Réger M., Tóth L.: *Anyagtechnológia II.*, pg. 274-286, B.D.M.F. Budapest, 1994.
- [3] Kisfaludy A., Réger M., Tóth L.: *Anyagtudomány II.*, pg. 4-7, B.D.M.F. Budapest, 1993.
- [4] Tóth L.: Acélok szerkezeti átalakulásainak "In Situ" vizsgálta számítógéppel irányított melegmikroszkóp segítségével, XVII. Országos Hőkezelő Konferencia, Sopron, 1997 október 14-17.

Dr. Tóth László főiskolai adjunktus

Bánki Donát Főiskola, Budapest 1081, Népszínház u. 8., Tel.:313-4094., E-mail :TTL@zeus.banki.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Hallgatói adminisztrációs rendszer megvalósítása a Miskolci Egyetem Informatikai Intézetében

Rutz Antal

Abstract

The formerly used user administration system could not satisfy the ever changing requirements. With the increasing number of the users it lost its effectiveness. The text-based database was not capable anymore of managing the data of more than 1300 user. So it became obvious the need for a new method to solve this task.

The new system consists of modules and the modules can run anywhere on the Internet. They were planned not to be platform specific, highly configurable, secure and easy to use.

It operates so that the administrator or the user – with the help of a WWW browser – connects to the HTTP server which gives – through the CGI PERL scripts – access to the SQL database server. Another PERL program – running every 10 minutes – assures the consistency between the database and the operating system so that it looks for changed records in the table of the users and does the appropriate operations. The system logs every action and in the case of errors it sends mail to the system administrator.

Ezen előadás célja a Miskolci Egyetem Informatikai Intézetében jelenleg használatban lévő hallgatói adminisztrációs rendszer tervezési, fejlesztési és üzemeltetési tapasztalatainak közzététele. Az eddig használt nyilvántartási rendszer már nem tudott megfelelni a mindig változó követelményeknek és az intézet felhasználói számának növekedésével folyamatosan romlott hatékonysága is. A szöveg alapú adatbázis nem volt alkalmas több mint 1300 felhasználó adatainak kezelésére, nyilvánvalóvá vált tehát egy új megoldási módszer szükségessége. Az új rendszerrel kapcsolatban a következő követelmények merültek fel:

- A rendszer legyen gyors, megbízható, biztonságos, könnyen kezelhető és jól konfigurálható.

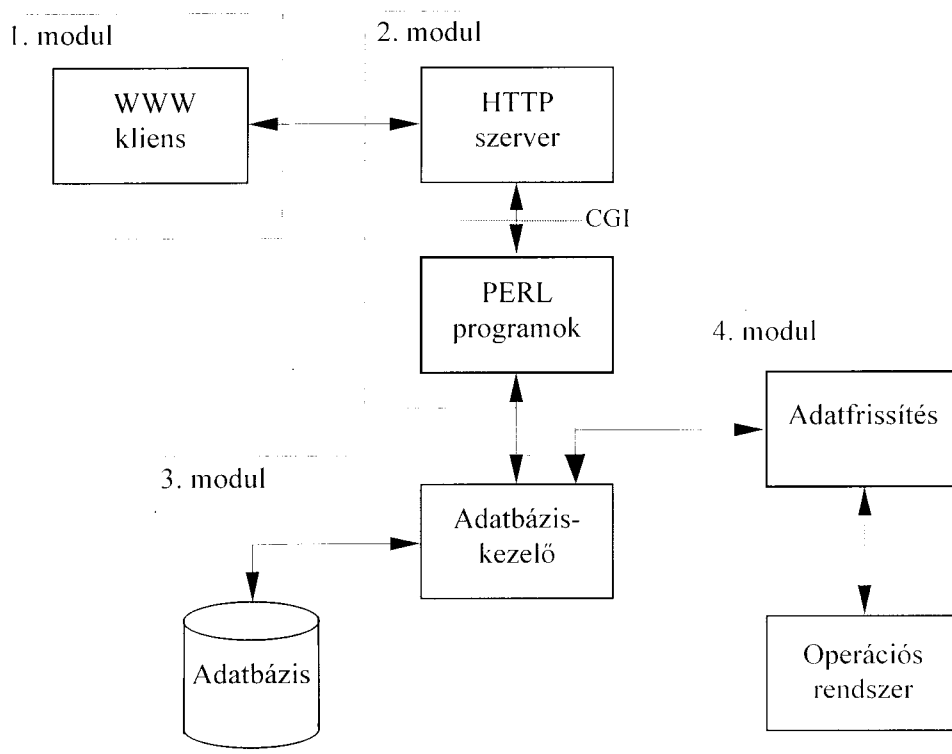
- A rendszer lehetőleg moduláris legyen, szabványos vagy általánosan elterjedt kapcsolódási felületekkel, lehetővé téve ezzel a modulok egyenkénti, igény szerinti bővíthetőségét, cseréjét.
- Az esetleges hardver- illetve szoftverfrissítéseket figyelembe véve az összes modulnál törekedni kell a platformfüggetlen implementálásra.
- A modulok – a jobb erőforrás-kihasználás érdekében – a hálózat (Internet) bármely pontján futhassanak.

A funkciókra vonatkozó követelmények:

Lehetősége legyen

- az operátornak
 - felhasználók felvételére, törlésére, adatainak módosítására és listázására,
 - felhasználói csoportok felvételére, törlésére, adatainak módosítására és listázására,
 - az operátori jelszó megváltoztatására;
- a felhasználónak
 - jelszavának megváltoztatására,
 - személyes információinak (telefon, teljes név, lakcím stb.) módosítására.

A rendszer struktúrája és működése



Az egyes modulok egymástól függetleníthetők, a hálózat bármely pontján lehetnek. Ezen struktúra kialakításában elsősorban a WWW egyszerű kezelhetősége, univerzalitása és a minden operációs rendszerre megírt böngésző programja motiválta, hisz ma ez a felhasználóbarát kezelői felület felel meg legjobban a platformfüggetlen programozás kritériumainak.

Az operátor vagy a felhasználó – jelszava segítségével – egy bármilyen munkaállomáson futó WWW böngésző programmal (1. modul) rákapcsolódik a HTTP szerverre (2. modul), ahol a HTTP szerver által futtatott PERL programok a CGI[4] felületen keresztül egyszerű hozzáférést biztosítanak számára az SQL szerver adatbázisához (3. modul). Az adatbázis és az operációs rendszer konzisztenciáját biztosító PERL adatfrissítő program (4. modul) tízpercenként regisztrálja a változásokat az adatbázisban és azoknak megfelelő műveleteket hajt végre a lemezen.

Az adatbázis-kezelő szerver kiválasztásában szerepet játszott a gyorsaság, a stabilitás, a megbízhatóság, a kidolgozott alkalmazásfejlesztői felület (API), számos operációs rendszer támogatása és nem utolsó sorban az ingyenesség (az Internetről szabadon letölthető forráskód). Így esett a választás a MySQL[1] szoftverre, mely ezeken kívül a könnyű adminisztrálhatóságot is biztosítja.

A 2. modulban lévő HTTP szerver a világon legelterjedtebb szerver, az APACHE[2] lett, mivel ez gyors, biztonságos és igen jól konfigurálható.

A rendszer magját a PERL[3] programozási nyelven megírt úgynevezett "szkriptek" (kisebb programok) alkotják. Ez a nyelv igen alkalmas jól áttekinthető, egyszerűen változtatható, javítható programok írására, és a WWW és SQL felülethez megírt kezelő rutinok könnyen alkalmazhatók dinamikus HTML oldalak készítésére.

Az adminisztrációs rendszer megvalósítása

A nagyfokú konfigurálhatósági kritériumnak megfelelően a platformfüggő részeket (pl. bizonyos file-ok helye a merevlemezen) egy külön konfigurációs állomány tartalmazza, amely egyszerű és gyors változtatást tesz lehetővé (nem kell "belenyúlni" a programokba).

Másik fontos feltétel volt a biztonság. Ennek megfelelően a felhasználók menedzseléséhez csak az operátor – a saját maga által beállított jelszóval – férhet hozzá. A felhasználók – a saját jelszavukkal – csak a követelményekben említett két funkciót (jelszó, személyes adatok módosítása) érhetik el. További biztonsági réteget képez az APACHE szerver SSL[5] modulja, mely titkos adatok továbbítását teszi lehetővé az Interneten.

A 2. modulban levő PERL programok csak az adatbázist kezelik. Két okból nem frissítik közvetlenül a merevlemezen levő adatokat is:

- 1.) A WWW szerver a CGI programokat biztonsági okokból nem rendszeradminisztrátori jogosultságokkal futtatja, amelyek szükségesek a módosítások elvégzéséhez.
- 2.) Jelentősen csökkentené a rendszer hatáskörét – feleslegesen lefoglalva az erőforrásokat –, ha minden egyes módosítás után végrehajtanák a megfelelő műveleteket a szkriptek. Így egyszerűen csak regisztrálásra kerül a módosítás és a frissítő program – tízpercenként ellenőrizve a felhasználók adatait tartalmazó táblát – csak a változást jelző mezőt tartalmazó rekordot fogja megvizsgálni és a megfelelő műveleteket végrehajtani.

A rendszer minden műveletet naplóz, így utólag visszakereshetők a változtatások, esetleges hiba esetén elektronikus levelet küld a rendszergazdának.

A rendszer több mint fél éve kifogástalanul üzemel, és az eközben szerzett tapasztalatok alapján még az idén megvalósításra kerül a Miskolci Egyetem Informatikai Intézetében egy integrált hallgatói adminisztrációs rendszer, melyben – a jelenleg működő hallgatói nyilvántartás mellett – lehetőség lesz vizsgákat kiírni, illetve vizsgákra jelentkezni is az Interneten keresztül.

Irodalomjegyzék

- [1] David Axmark, Michael Widenius, Paul DuBois, Kim Aldale: MySQL Reference Manual T.c.X DataKonsult AB, (www.tcx.se) 1999.
- [2] Apache 1.3 User's Guide, The Apache Group, (www.apache.org) 1999.
- [3] PERL Documentation (www.perl.org) 1998.
- [4] The Common Gateway Interface (hohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi) 1997.
- [5] Apache-SSL Documentation (www.apache-ssl.org) 1999.

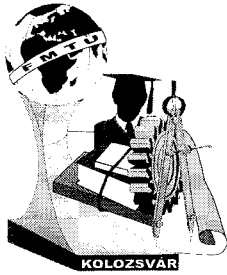
Rutz Antal

Lakcím: H-2484 Agárd, Jókai tér 6.

Munkahely: H-3515 Miskolc, ME, Egyetemváros, Informatikai Intézet

Telefon: +36 46 565 000 / 1417

E-Mail: rutz@iit.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Holonikus rendszerek a gyártásban

Ilie Zudor Angyalka, Mihálcz István

Abstract

Market demands today have changed towards customer-specific manufacturing, which means that a company must be able to manufacture a high variety of customer-specific products, with short delivery times against low costs. The change of the market demands implies the need to manufacture with increased flexibility and greater efficiency. There are also two other major problems that appear in manufacturing: inaccuracies in the manufacturing information and uncertainties with regard to the progress in production. Therefore, the factory of the future faces an important challenge: it needs to react adequately to perturbations of its environment, changes in the manufacturing systems and uncertainties in manufacturing processes. The actual challenge lies in the fact that real-life industrial systems need performance and reactivity in order to deal adequately with the continuously growing complexity of manufacturing processes. The concept of holonic manufacturing system has been introduced in order to cope with the above requirements. This system is the topic of this paper.

Holonikus gyártórendszerek

A *holonikus gyártórendszerek* központi fogalmát, a *holont*, Albert Koestler vezette be trilógiájának a „The Ghost in the Mashine” című könyvében. A kifejezés egyben egyed és egészet is jelent.

A *holonok* intelligens modulok, melyek önállóak és együttműködési képességgel rendelkeznek. Egy holon eleme lehet egy másik holonnak. Minden holon kell tartalmazzon:

- adatokat, amivel meghatározhatja saját cselekvését,
- kommunikációs eszközöket a többi holonnal való kapcsolattartáshoz,
- algoritmusokat és eljárásokat a holonok közti egyezkedéshez, általában alkalmazott üzleti algoritmusokhoz,
- algoritmusokat és eljárásokat az egyeztetett feladatok végrehajtásához.

A világméretű Intelligens Gyártórendszerek Programon (Intelligent Manufacturing Systems, IMS) belül a Holonikus Gyártórendszerek konzorcium több definíciót dolgozott ki. A holonok minimális követelménye az autonómia és a kooperáció. Az autonómia a holonnak az a tulajdonsága, amelynek segítségével önmaga által létrehozott terveket, illetve stratégiákat végrehajt és vezérel. A kooperáció az a folyamat, amelynek során a holonok egy halmaza kölcsönösen elfogadható tervet dolgoz ki, és végre is hajtja azt.

A holonok autonómiájának elemei:

- önütemezés,
- önszabályozás,
- önjavítás,
- önbeállítás.

A holonok kooperációja pedig a következő képességeken alapul:

- tárgyalási,
- kommunikációs.

Egy holonikus rendszer, amely együtt tud működni egy adott cél érdekében egy *holarchiát* alkot. Egy holarchia magába foglalja az összes gyártási és marketing folyamatokat. A *holonikus gyártórendszer* egy olyan holarchia, amely összefogja a termelési folyamat minden fázisát a megrendeléstől, a

tervezésén, a konkrét gyártáson, az összeszerelésen keresztül a marketingig, agilis (mozgékony, fürgé, dinamikus) termelő vállalat érdekében.

Egy holonikus gyártórendszer (HGYR) a következőkből áll:

- holonokból,
- kommunikációs hálózatból,
- kooperációs eljárásokból.

A HGYR a gyártórendszer elemeit, mint például a gépeket, a folyamatokat, a személyzetet vagy a gyártmányt és azok alkatelemeit egyaránt holonoknak tekinti. A holonok információkat és fizikai elemeket cserélnek, alkalmazva a kölcsönösség elvét (peer-to-peer). A holonok autonómiáját az együttműködési szabályokat meghatározó holarchia korlátozza.

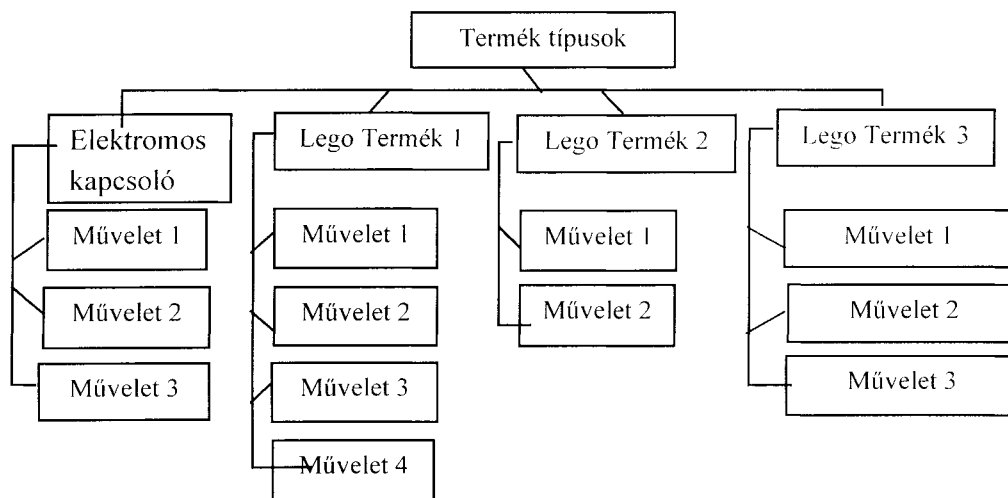
A HGYR architektúrája flexibilis, programozható és dinamikus. A holonok a közös cél érdekében koordinálhatják és integrálhatják erőfeszítéseiket. A vállalat célja csak a legfelső szinten ismert, az alsóbb szintek azt csak alcélokon keresztül érzékelik.

A bonyolultság elkerülése, az előrejelzés hiánya és a nagyszámú alsószintű holonok közötti ütközésből adódó vezérlési problémák (például több különböző termék egyidejű gyártása során előfordulhatnak technológiai kényszerek a termékek között) elkerülése végett célszerű a holonok aggregációját és specializációját bevezetni. A holonok *aggregációja* több holon időszakos vagy állandó összekapcsolódását jelenti úgy, hogy ezek, mint egy egyedülálló, saját identitással rendelkező holonként viselkednek.

Az aggregáció:

- kiterjedhet különböző szinteken lévő holonokra,
- az aggregációban lévő holonok dinamikusan változtatni tudják saját felépítésüket,
- egy holon egy időben a több aggregációhoz is tartozhat (például egy szerszámot több megmunkálócella is használhat),
- egy holon egy időben egy aggregáció több szintjéhez is tartozhat (egy szerszám-holon tartozhat a megmunkáló-holonhoz, a részleg-holonhoz és a vállalat-holonhoz),
- az aggregációban lévő szintek számát az aggregációt létrehozó szükségletek határozzák meg,
- egy aggregációban a hierarchiának mint az eleje, mint a vége nyitott (mindkét irányban tovább terjedhet).

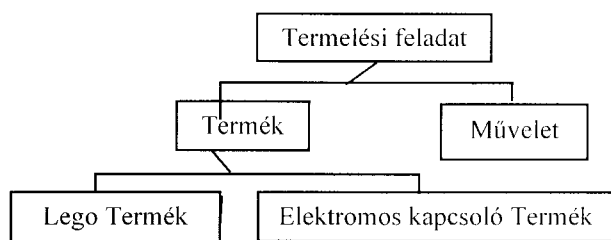
Egy termék holon-aggregációt a következő ábra mutatja be:



1.ábra. Holon-aggregáció

A *specializálás* azonos típusú holonok (például megrendelési, termék, erőforrás holonok) további megkülönböztetése (például egy erőforrás lehet robot, eszterga, fűrőgép, stb.). Egy példa a termék holon specializálására a 2. ábrán látható.

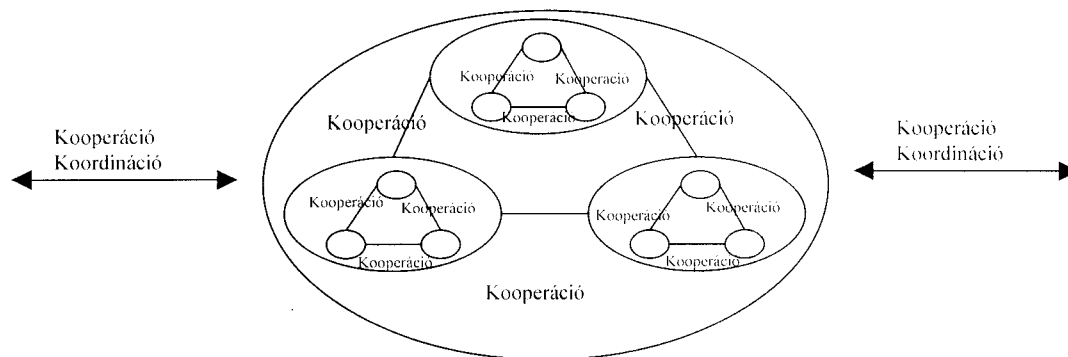
Ahhoz, hogy a holonok egymással kommunikálni, egyezkedni tudjanak, szükségük van egy protokollra, ami leírja az információcsere módját. Ez az utasításkészlet, amely meghatározza, hogy hogyan fognak reagálni a holonok az eseményekre, a holarchia definiálja.



2. ábra. Holon specializálás

A HGYR-ben alkalmazott vezérlési struktúra nem merev, hanem az adott gyártási folyamathoz alkalmazkodik. Mindegyik holon rendelkezik olyan képességekkel, melyekkel a különböző vezérlési stratégiák alatt el tudja végezni saját feladatait. Ezen felül egy teljes közbenső vezérlési struktúra-készlet is alkalmazható.

A HGYR vezérlését holarchikus vezérlésnek (holarchical control) nevezik. Ebben a vezérlési esetben nem létezik mester-szolga (master-slave) kapcsolat. A jelfolyam ilyenkor fel- és lefelé is áramlik. A holonok a kölcsönös megegyezés és az összehangolt működés által döntéseket hoznak és végre is hajtják azokat.



3. ábra. A holarchikus vezérlési struktúra

A HGYR előnyei:

- flexibilitás, programozhatóság és dinamikus viselkedés,
- jó ellenálló képesség a hibákkal szemben dinamikus újrendezéssel és a feladatok újratárgyalásával,
- flexibilitásból eredő hatékonyság, mert a szabványosított források változó speciális feladatokat oldanak meg,
- a rendszer módosítása sokkal egyszerűbbé és olcsóbbá válik,
- a képességek jobb kihasználása,
- jobb rendszerteljesítmény,
- nagy termékváltoztatosság,
- automatikus helyreállási képesség a meghibásodásokból eredő leállásokból,
- az automata felszerelések újrahasznosítása,
- a rendszer bővíthetősége és gyors reakcióképessége elosztott struktúrájának köszönhetően,
- a rendszer egyszerűen kiterjeszhető és újrakonfigurálható,
- alkalmazkodóképesség a környezet változásaihoz,
- strukturális stabilitás a holonok autonómiájának és a kommunikációra való hajlandóságának köszönhetően.

Összefoglalás

A holonikus gyártással foglalkozó kutatások jelenleg még kezdeti stádiumban vannak. Mindezek ellenére az elosztott struktúrájú gyártórendszerek kutatásának területén a holonikus rendszerek az egyik legígéretesebb próbálkozásnak számítanak. A holonikus struktúra a kérdések sokaságát veti fel az alkalmazható tudásábrázolási és -feldolgozási technikákkal kapcsolatban. Figyelembe véve, hogy a holonoknak valós körülmények között kell működniük, ahol a bemeneti jelek feldolgozása, a bizonytalanság kezelése és a tanulás elengedhetetlen feltételek, a neurális hálókon, a fuzzy technikákon és a hibrid mesterséges intelligencia megközelítéseken alapuló módszerek várhatóan nagy szerepet játszhatnak a felmerülő problémák megoldásában.

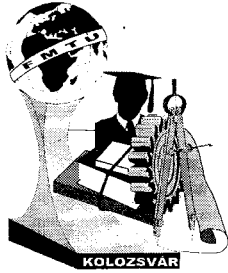
Köszönetnyilvánítás

A cikkben leírt kutatások részben az Országos Kutatási Alap (OTKA) támogatásával folynak (F023628 és T026486). Az MTA SZTAKI részvételét az Európai Unió kapcsolódó ESPRIT munkacsoportjaiban (IIMB 21108 és IMS 21995) az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság támogatta (EU-96-B4-025, illetve EU-97-A3-099). Külön köszönettel tartozunk Dr. Monostori Lászlónak és Kádár Botondnak a cikk megírásában nyújtott segítségükért.

Bibliográfia

1. Monostori L., 1998: **Intelligent Manufacturing Systems**, *D.Sc thesis*, Hungarian Academy of Sciences, Budapest (Hungary).
2. Wiendahl, H.-P.; Scholtissek, P., 1994: **Management and Control of Complexity in Manufacturing**, *CIRP Annals*, Vol 43, No. 2, pp. 533-540.
3. Bongaerts, L.; Valckenaers, P.; Van Brussel, H.; Wyns, J., 1995: **Schedule Execution for a Holonic Shop Floor Control System**, *Advanced Summer Institute 95 of the N.O.E. on Intelligent Control of Integrated Manufacturing Systems*, June 24-28, Lisboa (Portugal).
4. Kádár B.; Monostori, L., 1998: **Agent Based Control of Novel and Traditional Production Systems**, *Proceedings of ICME98, CIRP International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, July 1-3, Capri, Italy, pp. 31 - 38. (Keynote paper).
5. O'Hare, G. M. P; Jennings, N. R., 1996: **Foundations of Distributed Artificial Intelligence**, John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN 0-471-00675-0.
6. Van Brussel H., 1994: **Developments in Intelligent Manufacturing. Visions into The Future**, European IMS Information Event, April 7-8, Patras (Greece).
7. Tönshoff, H.K.; Winkler, M.; Aurich, J.C., 1994: **Product Modelling for Holonic Manufacturing Systems**, *The fourth International Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology*, Oct. 10-12, Troy (New York).
8. Tharumarajah, A.; Wells, A. J.; Nemes, L., 1996: **Comparison of The Bionic, Fractal and Holonic Manufacturing System Concepts**, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 9, No. 3, pp. 217-226.
9. Zwegers, A., 1998: **On System Architecting**, Eindhoven (Netherlands), ISBN 90-386-0699-4.
10. Gasser, L.; Huhns, M.N., 1989: **Distributed Artificial Intelligence**, Vol. 2, London, ISBN 1-55860-092-2.
11. Tharumarajah, A.; Bemelman, R., 1997: **Approaches and Issues in Scheduling a Distributed Shop-Floor Environment**, *Computers in Industry*, Vol. 34, pp. 95-109.

Ilie Zudor Angyalka, okl. gépészmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem-MTA SZTAKI, Integrált Gépészeti Informatikai Rendszerek Tsz. H-1111, Kende u. 13-17, E-mail: ilisa@hotmail.com
Mihálcz István, egyetemi tanársegéd, Budapesti Műszaki Egyetem, Finommechanikai és Optikai Tanszék, H-1111 Budapest, Egry J. u. 1, E-mail: mihalcz@hotmail.com.



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

WINPAR Párhuzamos programozási környezet Online kézikönyv és oktatási anyag

Fülep Dávid

Abstract

Within the framework of the WINPAR project the WINPAR integrated software development environment for parallel programming was elaborated. To make the WINPAR environment easy to use and easy to learn, a web site for development tools and environment was created. It provides information on the WINPAR project, on project partners and on on-line manuals and on-line tutorials of the WINPAR environment. The on-line manual is "slide-show" that presents services and usage of each tool showing how to use them step-by-step. The composition of the tutorial is similar to the on-line manual of tools, but in the on-line tutorial emphasis is placed on solving the problem not on how to use the tools. A mathematical problem was selected which can show the way of developing a parallel application. The Poisson problem is a simple partial differential equation that is at the core of many applications.

1. Bevezetés

Ahogy a számítógép-hálózatok a mindennapok számítástechnikai infrastruktúrájának részévé válnak, az osztott és párhuzamos számítógéprendszerek egyre több felhasználó számára válnak elérhetővé. A személyi számítógépek rohamosan növekvő teljesítménye lehetővé teszi egy osztott/párhuzamos programfejlesztő környezet PC-platformon történő kialakítását.

A WINPAR (WINDows based PARAllel computing) projekt egy olyan integrált osztott és párhuzamos fejlesztőkörnyezet kifejlesztését tűzte ki célul, ami egy új típusú „párhuzamos” számítógépre épül: hálózatba kötött személyi számítógépekre. Operációs rendszerként a Windows NT-t választották.

Az osztott vagy párhuzamos rendszerben a kommunikáció legegyszerűbb módja az ún. üzenettovábbításos rendszer (message passing). Ez egy könnyen érthető és egyszerűen implementálható interface. A legfontosabb implementáció a PVM és az MPI. Mindkettő egy hardware-független, hatékony, rugalmas szabványt jelent. A PVM egyetlen virtuális gépben kezeli a különböző számítógépeket, az MPI egy szabványos interface-t biztosít az üzeneteken keresztül kommunikáló processzek számára.

Bár az üzenettovábbítás ezen módja könnyen áttekinthető, a párhuzamos programok fejlesztése a kommunikáció és szinkronizáció megszervezése miatt mégis sokkal bonyolultabb, mint a

szekvenciális programoké. Azok a programok, amik egyetlen processzoron hibátlanul futnak, váratlan módon viselkedhetnek többprocesszoros környezetben, többszöri futtatásra más és más eredményt adhatnak. További probléma párhuzamos programok nyomkövetése, debuggolása és tesztelése. Mindezek nem végezhetőek el a hagyományos, szekvenciális programokhoz készült eszközökkel. Mindez alátámasztja egy osztott és párhuzamos programozást támogató fejlesztőkörnyezet szükségességét. A fejlesztés időszükségletének csökkentése mellett a hardware-költségek alacsonyan tartása a másik fontos cél, ez utóbbi miatt egy általánosan használható PC-rendszer jó megoldást jelent.

A jövő számítógépes szakembereinek a képzésében az osztott és párhuzamos programozás fontos témává vált. Az igényeknek megfelelő programozási környezet kulcsszerepet játszik az osztott és párhuzamos programozás oktatásában. A hallgatók alaposan tanulmányozhatják és megérthetik a program struktúráját és működését, amikor osztott debuggerrel elemzik annak futását. Az új programfejlesztési környezet oktatásba történő bevezetése azonban elképzelhetetlen megfelelő oktatási anyag nélkül. A kézikönyvek, tankönyvek, jól kiválasztott példák segítségével ismerhetik meg a hallgatók könnyedén a párhuzamos programozás világát.

2. A WINPAR környezet eszközei

A projekt fő célkitűzése a projekt partnerek által kifejlesztett fejlesztőeszközök egységes grafikus környezetbe integrálása, a WINPAR környezet online kézikönyvének és oktatási segédletének kidolgozása, és a párhuzamos programozásnak a Miskolci Egyetem oktatási rendszerében történő bevezetése volt. A WINPAR környezet három rétegre osztható: message passing réteg, ami az MPI és PVM implementációit jelenti; fejlesztőeszköz réteg, amiben minden egyes eszköz a fejlesztőkörnyezet egy részfeladatát látja el; és a programozási környezet, mint külön réteg, ami az első két réteget összefogva a komplett párhuzamos softwarefejlesztési környezetté teszi a rendszert.

2.1 Message Passing eszközök

- WPVM (Windows Parallel Virtual Machine). Ezen programcsomag segítségével egyetlen ún. virtuális gépként kezelhető a hálózat. A fejlesztő az alkalmazást együttműködő taszkokból készíti el, az egyes taszkok a PVM erőforrásokat pedig szabványos könyvtárból veszik.
- MPI (Windows-based Message Passing Interface). Az MPI újabb fejlesztés, egy minden igényt kielégítő függvénykönyvtárral segíti a processzek közötti (hálózati vagy gépen belüli) kommunikáció hatékony megvalósítását.

2.2. Fejlesztőeszközök

- TRAPPER. A WINPAR környezet egyik legalapvetőbb eszközével végezhető a hardware és software modell megtervezése, a processzek leképezése a processzorokra (mapping), a tényleges kód előállítása, majd a futtatás és tesztelés (monitoring, vizualizálás).
- AUGUR (AUtomatic model Generation with User Response), és MODARCH. E két eszköz segítségével végezhető a párhuzamos programok teljesítményének kiértékelése automatikus modellgenerálással, illetve szimulációval.
- DIWIDE. A WINPAR környezet hibakereső eszköze.

2.3. Programfejlesztő környezet

- WINPARK NAVIGATOR. Ez a speciális eszköz vezérli az eszközök együttműködését, minden egyszerűen indítható. A feladatokat szellemes módon egy térképen jeleníti meg, és irányítja a felhasználót a helyes programfejlesztési lépések kiválasztásában. A térképen az egyes épületek a fejlesztés különböző stádiumait jelentik, ami között egy kis autóval „közlekedhet” a fejlesztő. Az éppen nem kiválasztható munkafázisok (épületek) előtt „parkolni tilos” jelzés van.

3. WINPAR Web-szerver

A WINPAR fejlesztőkörnyezethez kapcsolódó anyagok tárolására egy web-szervert állítottunk fel. A projekt általános leírásán és a projekt partnerek bemutatásán kívül itt található az egyes eszközök online kézikönyve és a párhuzamos programozáshoz készített oktatási segédanyag. Mindkettő felépítésére jellemző, hogy a legapróbb részletekig kitér minden egyes fontos lépésre, legyen szó egy adott eszköz használatáról vagy a párhuzamos programozás elméleti kérdéseiről. Az eszközök működésének begyakorlása és a tananyag elsajátítása online tesztek kitöltésével ellenőrizhető. Ez a felhasználói visszacsatolás igen fontos a projekt szempontjából, az így szerzett tapasztalatok később felhasználhatók. A projekt elvárásainak megfelelően a web-szervert is egy Windows NT gépen alakítottuk ki. A UNIX világból ismert Apache szervert választottuk. A web-szerver címe: <http://winpar.iit.uni-miskolc.hu>

4. Online kézikönyv és oktatási anyag

Az online kézikönyv (manual) az egyes eszközök teljes körű bemutatását tartalmazza. Miközben a felhasználó a magyarázatokat olvashatja, mindvégig az eredeti eszköz felhasználói felületét látja maga előtt, és a továbblépés is azon keresztül történik. A gyakorlott felhasználók a már megismert részeket könnyedén átléphetik.

Az online oktatási segédlet (tutorial) lépésről lépésre vezeti végig a felhasználót az osztott és párhuzamos programozás folyamatán. Az alapvető különbség az eszközök kézikönyveivel szemben az, hogy amíg ott az eszközök kezelésére koncentráltunk, addig itt a megoldandó problémán van a hangsúly. A fejlesztés menetét természetesen konkrét példák segítségével lehet legkönnyebben megérteni. Egy olyan matematikai problémát választottunk, ami sok alkalmazás alapját képezi. Az ún. Poisson-probléma egy egyszerű parciális differenciálegyenlet. Ennek megoldása során lineáris egyenletrendszert kell megoldani, ami az interaktív Jacobi módszerrel könnyen párhuzamosítható.

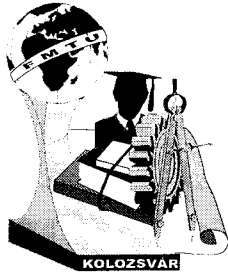
A párhuzamos programfejlesztés főbb lépései a következők: A software és hardware struktúra megtervezése, majd a tényleges funkció leprogramozása. Ezután az alkalmazás processzeit az egyes fizikai processzorokhoz hozzá kell rendelni (mapping). Ekkor következhet a program lefordítása és futtatása. A kommunikációt végző könyvtárak, az egyes taszkok kódkeretei, és a mindehhez szükséges konfigurációs állományok generálását a rendszer automatikusan elvégzi a grafikus leírások alapján, a felhasználónak csak a program tényleges működését jelentő részét kell magának megírnia. Sikeres fordítás után következik a tesztelési fázis, ami a helyesség és a hatékonyság vizsgálatát jelenti. Az ezekhez szükséges monitorozó, vizualizáló, hibakereső, modellező és szimulációs eszközök rendelkezésre állnak.

A probléma megoldása közben, ha szükséges, bárhol visszatérhetünk az adott részfeladatot megvalósító eszköz kézikönyvének megfelelő részéhez, hogy megtanuljuk, hogyan kell majd a feladatot elvégezni a gyakorlatban. Az ismert, vagy kevésbé fontos részek a tanulás alatt kihagyhatók, az anyag a hallgatók és a fejlesztők igényeinek megfelelő szabad sorrendben dolgozhatók fel. Természetesen ajánlott útvonalak segítik a teljes rendszer következetes megismerését.

5. Irodalomjegyzék

- Henri Ball: Programming Distributed Systems /Silicon Press, 1990./
- Andrew Goscinski: Distributed Operating Systems - The Logical Design /Addison Wesley, 1992./
- George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg: Distributed Systems /Addison Wesley, 1994./
- Andrew S. Tanenbaum: Distributed Operating Systems /Prentice-Hall, 1995./

Fülep Dávid /okleveles informatikus mérnök, Phd. hallgató/
Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Tanszék /3515 Miskolc-Egyetemváros/
Email: fulep@iit.uni-miskolc.hu
Tel: +36 - 46 - 565111 / 19-52



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Szimbolikus és szub-szimbolikus módszerek az analitikailag kezelhető problémák megoldásában

Stefán Péter

Abstract

This paper gives a brief overview of the importance of learning in industrial and business applications. Firstly the question why the learning itself is substantial in manufacturing tasks will be pondered and a general method, namely the reinforcement learning procedure will be discussed. Then the main concept of the reinforcement technique and the stability of a specified REINFORCE learning rule will be introduced through stochastic real-valued (SRV) units. The relationship of the reinforcement learning with back-propagation will also be presented.

1. Bevezetés

Napjainkra a gyártórendszerek tanulási képességgel történő felruházása egyre égetőbb feladattá vált. Egy tetszőleges rendszer tanulását a következőképp definiálhatjuk: a tanulás nem más, mint a rendszeren belül végrehajtott paraméter és/vagy struktúra változtatás, mely lehetővé teszi azt, hogy a rendszer növekvő teljesítményt nyújtson. Miért jelentős a tanulás? Erre a kérdésre a válasz az, hogy a modellezésnek egy új módját tárja fel. Egy rendszermodell megalkotható matematikai úton, mely egzakt és pontos megoldást ad, de az esetek zömében nehezen kivitelezhető, rengeteg differenciál-egyenlet meghatározását igényli. A tapasztalatok, heurisztikák alkalmazása bár egyszerűsíti a komplexitást, de a környezet változásaira érzéketlen modelleket eredményezhetnek. A harmadik megoldás olyan modelleket alkotni, melyek képesek megtanulni tetszőleges rendszerek viselkedését. Ezek a modellek rendelkeznek egy tanulási koncepcióval, mely koncepció zártága matematikai eszközökkel igazolható.

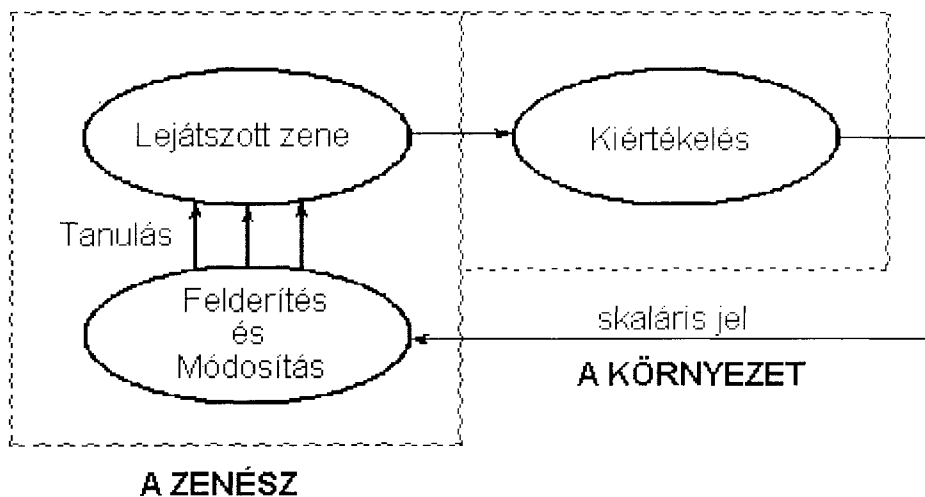
2. Megerősítő tanulás

A tanulási módszerek az alábbi kategóriákba sorolhatók:

- felügyelt,
- felügyelet nélküli,

- megerősítő.

A felügyelt tanulás jellemzője, hogy a tanuló-rendszeren kívül található egy külső referencia, egy tanár, aki minden pillanatban össze tudja hasonlítani a rendszer aktuális kimeneti értékeit a kívánt kimeneti értékekkel, és ezekből egy hibavektor, az esetek többségében egy hibavektort képes képezni. Ezen hibavektor hossza fordítottan arányos a rendszer „tudásával”. A felügyelet nélküli tanulási módszerek nem rendelkeznek külső referenciával, a működésük leggyakrabban önszervezésen alapul. Éppen emiatt alkalmazhatóságuk roppant korlátozott. A megerősítő tanulás átmenetet képez a felügyelt és a felügyelet nélküli módszerek között; itt is megtalálható a külső referencia, de ez egy vektor-jel helyett mindössze egy skaláris jelet ad vissza, melyben értékeli, osztályozza a rendszer teljesítményét. A megerősítő tanulás algoritmusának éppen az a lényege, hogy hogyan lehet ebből a skaláris információból a rendszerben változtatásokat végrehajtani. *Nuttin* [5] a disszertációjában a „zenész példáját” említi meg, mint jellegzetes példát megerősítő tanulásra (1. ábra).

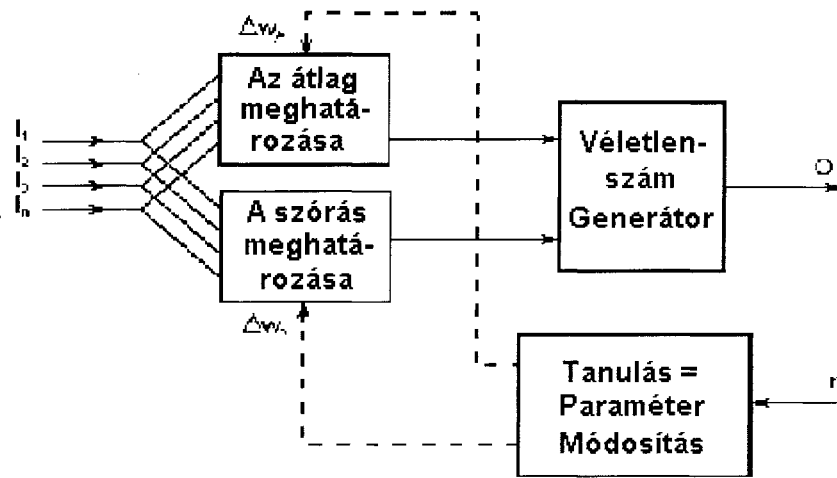


1. ábra: a megerősítő tanulás koncepciója a „zenész példáján” keresztül

Az ábra bal oldala a zenészt, mint alrendszert ábrázolja, a jobb oldala pedig annak környezetét. A környezet kiértékeli a muzsikusi teljesítményét (nagy taps-kis taps) és neki ebből az információból konklúziókat kell levonnia a saját teljesítményét illetően. Ha a visszajelzett jel nagy értékű, akkor ez azt jelenti, hogy a közönség által kedvelt zenét játszik, és ez megerősíti abban, hogy helyes paraméter-beállításokkal játszik. Ha azonban ez a jel kis értékű, akkor a környezet nem honorálta a művészetét, és (feltételezve azt, hogy a zenész a közönség maximális tetszését törekszik elnyerni) emiatt paraméter és/vagy struktúra változtatásokat kénytelen végrehajtani. A lehetséges új paraméterekkel neki kell kísérletezni, nem a környezet mondja meg, emiatt szükség van a lehetséges paraméter-beállítások terében keresést, felderítést végrehajtani. A felderítés a megerősítő tanulás egy újabb jellemvonása.

3. A megerősítő tanulás matematikai modellje

A megerősítő tanulás koncepciója általános, alkalmazható többféle tanuló-rendszerre, úgymint tanuló-automatákra, és neurális hálókra. Itt a koncepció SRV (sztochasztikus valós-értékű) egységeken kerül bemutatásra. A sztochasztikus jelleg onnan adódik, hogy egy SRV egység kimenete egy véletlen-szám, melyet egy véletlen-szám generátor állít elő, normális eloszlásból. A normális eloszlás két paraméterrel rendelkezik: átlag (μ) és szórás (σ). Az SRV egységekkel történő implementáció a 2. ábrán látható.



2. ábra: a megerősítő tanulás koncepciója SRV egységek segítségével

Az eloszlás két paramétere viszont determinisztikus úton kerül meghatározásra, kiszámításukat két egyszerű neuron végzi az alábbi képletek felhasználásával:

$$\begin{aligned} \mu &= f(\mathbf{w}_\mu \mathbf{x}), \\ \sigma &= f(\mathbf{w}_\sigma \mathbf{x}), \end{aligned} \tag{1}$$

ahol a \mathbf{w}_μ az átlagot kiszámító neuron súlyvektora, a \mathbf{w}_σ pedig a szórást kiszámító neuroné. Az \mathbf{x} vektor a két neuron közös bemenete (az ábrán I_1, I_2, \dots, I_N jelöli), f pedig a neuronok átviteli függvénye.

A tanulás itt egy maximumkeresési folyamat, mely során olyan paraméter beállításokat választunk, mely során a visszajelzett megerősítő jel várható értéke maximális. A tanulás SRV egységek esetén kétlépcsős (Williams [1]). Az első lépésben a megerősítő jelből a normális eloszlás paraméter-változásait vezetjük le, majd második lépésben a paraméter változásokból levezetjük a neuronok súlyainak megváltoztatását. Az első lépés végrehajtására az alábbi képletek szolgálnak:

$$\Delta\mu = \alpha_\mu (r - b_\mu) \frac{y - \mu}{\sigma^2} \tag{2}$$

$$\Delta\sigma = \alpha_\sigma (r - b_\sigma) \frac{(y - \mu)^2 - \sigma^2}{\sigma^3} \tag{3}$$

Ezen paraméter-változtatások az alábbiakat jelentik: a μ megváltoztatása azt jelenti, hogy a bemenethez a leginkább illeszkedő kimenetet keressük, a σ változtatása pedig azt jelenti, hogy az előbbi érték bizonytalanságát növeljük vagy csökkentjük, ami kisebb illetve nagyobb véletlenszerűséget, kisebb, illetve nagyobb felderítési képességet enged meg. A képletben a $\Delta\mu$, illetve a $\Delta\sigma$ az átlag, illetve a szórás változásai, az α_μ , illetve a α_σ a tanulási együtthatók, r a megerősítő jel, y a rendszer aktuális kimenete.

A tanulás második lépésében egy közösleges Back-Propagation eljárásán keresztül az előbbi paraméter-változtatásokat visszavezetjük súlyváltozásokra:

$$\Delta\mathbf{w}_\mu = -\eta \frac{\partial(\Delta\mu)}{\partial\mathbf{w}_\mu} + \gamma\mathbf{w}_\mu \quad (4)$$

$$\Delta\mathbf{w}_\sigma = -\eta \frac{\partial(\Delta\sigma)}{\partial\mathbf{w}_\sigma} + \gamma\mathbf{w}_\sigma \quad (5)$$

Itt a $\Delta\mathbf{w}_\mu$ illetve a $\Delta\mathbf{w}_\sigma$ a súlyváltoztatások, az η a tanulási együttható, γ az ún. tanulási momentum, a $\frac{\partial}{\partial\mathbf{w}}$ pedig strukturált deriválás operátor.

4. Felhasznált irodalom

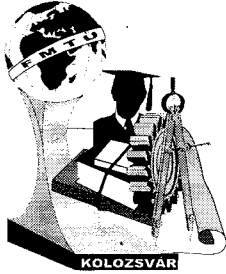
- [1] Ronald J. Williams: Simple statistical gradient-following algorithms for connectionist reinforcement learning, Machine Learning, 1992, pp. 229-256
- [2] Vijaykumar Gullapalli: A stochastic reinforcement learning algorithm for learning real-valued functions, Neural Networks, 1990, pp. 671-692
- [3] L. Monostori, A. Márkus, H. Van Bussel, E. Westkämpfer: Machine learning approaches to manufacturing, Annals of the CIRP, 1996, pp. 675-712
- [4] R. Teti, S.R.T. Kumara: Intelligent computing methods for manufacturing systems, Annals of the CIRP, 1997, pp. 1-24
- [5] Marnix Nuttin: Learning Approaches to Robotics and Manufacturing
- [6] R.J. Kuo, K.Č. Xue: An intelligent sales forecasting system through integration of artificial neural network and fuzzy neural network.

Név: Stefán Péter, doktorandusz hallgató

Munkahely: Alkalmazott Informatikai Tanszék, Miskolci-Egyetem,

3515 Miskolc-Egyetemváros, Magyarország

E-mail: stefan@iit.uni-miskolc.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Személygépkocsik utasterének környezethelyes tervezése

Ilie Zudor Angyalka, Torkos Zoltán

Abstract

The economical aspect is a major concern in every engineering decision, but should not be the only one. The protection of public health and environmental conservation must not be neglected. Over the past years, the use of plastics in the field of automobile manufacturing, has become a problem of wide interest, which is still growing every day. Using plastics offers solutions to many manufacturing design, styling and cost problems. The advantages of those materials in the field of environmental design and other design matters appearing in car design are the topic of this paper.

A Környezethelyes tervezés kritériumai

A környezethelyes tervezés kritériumai:

- tervezési idő és költségek minimalizálása,
- gyártási költségek minimalizálása, kis energiaszükséglet,
- szerelhetőség, szétszerelhetőség,
- kis mennyiségű termelési hulladék képzése,
- újrahasznosítható, újrafelhasználható anyagok alkalmazása,
- többfunkciós alkatrészek alkalmazása,
- anyag homogenitás növelése, toxikus anyagok felhasználásának a csökkentése.

A környezethelyes tervezés és gyártás meghatározzák a termék életpálya grafikonját, mely segítségével megvizsgálhatjuk az adott termék hatásait a környezetére.

A Személygépkocsik gyártásánál felhasznált anyagok

Kezdetben a gépkocsik gyártását négy részre lehetett bontani, alvázra, karosszériára, utasterre és a motorra. A karosszéria további két részre tagozódott, a vázszerkezetre mely legtöbb esetben fa volt és a lemezburkolatra. Az utasterre ugyancsak a fa, valamint a bőr és a kovácsolt elemek voltak a

jellemzőek. Ebben az időben az utasoknak az épségét nemigen védte semmi, esetleg az alacsony sebesség. Kényelem szempontjából ugyancsak nem voltak elkényeztetve az utasok.

A gépkocsik fejlődésének nagy lökést adott a világháborúk idején folytatott koncentrált kutatói és fejlesztői munka. További komoly fejlesztést idézett elő a vegyipar által létrehozott műanyag termékek széles választékának az alkalmazása, első sorban az autók utasterében. További nagy lehetőségek nyíltak a szálerősítésű műanyagoknak a megjelenésével.

Ezen új anyagok megjelenésével és alkalmazásával sokat fejlődött az autók utasterének esztétikai és kényelmi színvonala, továbbá jelentős súly és költségsökkenés volt elérhető. Egyetlen nagy problémát csak ezen új anyagoknak az újrahasznosítása jelentette (mivel a kompozitokat igen nehezen lehet egymástól elválasztani) és jelenti a mai napig. Természetesen abban az időben ez kevésbé foglalkoztatta a tervezőket, mint napjainkban. Ugyanakkor pont az autóiipari felhasználásnak köszönhetően az utóbbi 35-40 évben a műanyagok óriási minőségi és mennyiségi fejlődésen mentek keresztül. Tulajdonságaiknak (lásd I. táblázatot) köszönhetően egyre népszerűbbek és elterjedtebbek lettek az autóiiparban és nagy részben az autók utasterének a tervezésénél.

Műanyagok előnyös és hátrányos tulajdonságai	
<p><i>Előnyök:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • kis súlyuk • kiváló korrózióállóság • kis gyártási tűréssel kivitelezhetőek • korszerű és komfortos kivitel • kis uránmunkálási igény • esztétika • jó hőszigetelés • kis kópiási faktor • jó kifáradási tulajdonságok • nagyfokú integrálhatóság, ezáltal könnyebb szerelhetőség • nagyon jó kémiai ellenálló képesség 	<p><i>Hátrányok:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • kedvezőtlenebb mechanikai és szilárdsági tulajdonságok, mint a fémeknél • alacsony hőterhelhetőség • csak a tiszta műanyag hulladék újrahasznosítható gyorsan és gazdaságosan • nagyon ritkán társíthatóak egymással a különböző műanyagok

I. Táblázat

Legfontosabb előnyei az alacsony kitermelési ár, mely a nyersacél illetve az alumíniumhoz képest 3 illetve 8-szor olcsóbb. A feldolgozás során az anyag-kihozatali tényező műanyagoknál 90, a fémeknél közel 60%-os. Míg előállításuk időszükségletük 12-30%-al kevesebb mint a fémeknél. Az egyre nagyobb mennyiségű műanyag felhasználás következtében jelentősen csökkent a személygépkocsik

súlya, mely jelentős üzemanyag megtakarításhoz vezet. Míg a hatvanas években az átlagos műanyag felhasználás egy-egy autó esetében alig érte el a 15-20 kg-ot, addig a hetvenes évekre ez kb. 80-100 kg-ra emelkedett, míg napjainkra már majdnem a duplája emelkedett és ennek majdnem a fele az autó utasterében található.

A nyolcvanas-kilencvenes években kezdett kibontakozni és elterjedni az újrahasznosítás fontossága az autópárhazban, amely elsősorban abban figyelhető meg, hogy elkezdik a könnyebben és hatékonyabban újrahasznosítható műanyagokat előnyben részesíteni, lásd a 2. táblázatot. A statisztikai adatokból egyértelműen látható a polipropilén térhódítása. A polipropilén nagy előnye, hogy könnyen újrahasznosítható és újrafeldolgozható. Ugyancsak előnyben részesül a poliamidok és az ABS felhasználása bizonyos esetekben. Nagy népszerűségnek örvendenek, az utastér tervezésénél a poliuretán habok, a különböző utastér elemek habosításánál, mint: ajtóburkolat, könyöklők, kormány, műszerfal, stb.

Az utóbbi időben nagyon népszerűek a természetes anyagok, mint bőr, különböző növényi szövetek, stb.

A műanyag-felhasználás alakulása (kg) egy személygépkocsira vetítve Európában			
Műanyag	1980	1985	1990
PVC	12,5	11,0	8,0
PP	8,0	11,0	15,4
ABS	6,4	6,4	6,5
PA	2,8	3,5	5,8
PC	0,3	3,0	4,1
PFO	0,3	3,0	4,1
POM	0,8	2,0	5,9
PBTP	-	0,5	1,0
Egyéb	23,4	34,2	54,8
Összesen:	54,5	74,6	103,6

2. Táblázat (1)

A személygépkocsik utasterének környezethelyes tervezési módszerei

Míg az autógyártás kezdetén az utastér kialakításának, tervezésének fontossága és kényelmének figyelembevétele messze elmaradt a motor és a karosszéria tervezése és fejlesztése mögött. Fontossága fokozatosan érte utol a többi szerkezeti egységet. Napjainkban a környezethelyes tervezéssel kialakított esztétikus és ergonomikus utasterek mind inkább előtérbe kerülnek a hetvenes-nyolcvanas évek utastereivel szemben. A korszerű műszaki műanyagok elterjedése az autópárhazban magával vonta

a tervezési és fejlesztési irányoknak a fejlődését is. Míg az 1983-as évekig a tervezésben a kompakt építési mód volt a jellemző, napjainkban pedig a moduláris építési mód folyik. Az autógyárak pedig 2000-től az optimalizált modulgyártás bevezetését tervezik. A moduláris tervezés sokkal nagyobb mértékben tette lehetővé a környezethelyes tervezés a személygépkocsinál és azon belül az autók utasterénél. A moduláris gyártásnál, a környezethelyes tervezés legfőbb megnyilvánulása, az olyan kötések tervezése, melyek lehetővé teszik az automatizált szerelést és ezáltal a bontást és újrahasznosítást is olcsóbbá teszi. Továbbá az azonos műanyagoknak az alkalmazása, az alkatrészek funkcionális összevonása is csökkenti a költségeket, tovább növelve a gazdaságosságot.

A környezethelyes tervezés a személyautók utasterének tervezésénél, leginkább abból érzékelhető, ha megvizsgáljuk az utastér alkatrészeinek anyagát, az alkatrészek funkcionalitását, bonyolultságát, szerelhetőségét és újrahasznosíthatóságát.

Összefoglalás

A modern autók utasterének környezethelyes tervezése napjainkban magába foglalja:

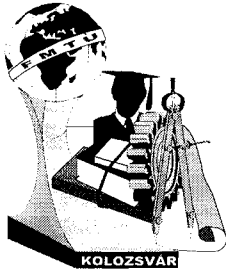
- első sorban a felhasznált anyagok tulajdonságait, figyelembe véve reciklálhatóságukat, feldolgozási igényeiket
- másodsorban az elemek és alkatrészek tervezési módját, funkciók összevonását, gyárthatóságát, szerelhetőségét, modulári szétszerelhetőségét, az újrahasznosítás költségeinek csökkentését, a termék életgörbéjének növelését.

Bibliográfia

1. Lukács Pál, 1998: **Új anyagok és technológiák az autógyártásban**, Maróti-Godai Könyvkiadó Kft., Budapest,
2. J. Glynn Henry; Gary W. Heinke, 1996: **Environmental Science And Engineering**, Prentice-Hall International, Inc., (USA)
3. Richard Wood; 1991, **Automotive Engineering Plastics**, Pentech Press, London
4. R.J. Ehrig; 1992, **Plastic Recycling**, Hanser Publishers, Munich, Vienna, New York, Barcelona

Ilie Zudor Angyalka, okl. gépészmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem-MTA SZTAKI, Integrált Gépészeti Informatikai Rendszerek Tsz. H-1111, Kende u 13-17, E-mail: ilisa@hotmail.com

Torkos Zoltán Tibor, okl. gépészmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem - Terméktervező és Mezőgép Tsz. H-1111, Műegyetem rkp. 3., E-mail: torkoszt@westel900.net



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Párhuzamos kinematikájú szerszámgépek

Stankóczy Zoltán

Abstract

Conventional machine tools use either orthogonal or rotational movements. They are often combined in a series of discrete stages, each providing a degree of freedom. The hexapod differs in that all six degrees of freedom are enabled by a parallel arrangement of variable length struts. For any given set of strut lengths there is a single fully constrained position for the mechanism. Controlling the legs enables the platform to be simultaneously positioned and orientated.

The advantages of the parallel kinematics are reduction of moving masses and a higher stiffness. The disadvantage is the relative small rotating range of the moving platform. Therefore an additional rotating head unit with two rotating freedom is applied. It makes the kinematics redundant and the control system complicated. If only 3 legs and a 2 or 3 degrees of freedom rotating head is used, then the kinematics and the control unit becomes simpler.

On the TU Budapest, Department of Manufacturing Engineering I have developed a new 3 legs parallel kinematics machine tool. The design of the mechanism and the computer simulation of the kinematics are completed, and the realization of the machine is in progress.

Bevezetés

Bonyolult felületek megmunkálására széles körben elterjedtek a 4, 5, 6 –tengelyes szerszámgépek (maró, gyalu, köszörű). Ezek a kívánt mozgást 3 lineáris és 1, 2, vagy 3 rotációs mozgás eredője révén valósítják meg.

Az ipari robotok szintén 5-6 szabadságfokú mozgást képesek végezni, a megvalósított kinematikai elrendezések száma jóval nagyobb, mint a forgácsoló szerszámgépek esetén.

A szerszámgépek esetében az elsődleges szempontok a nagy terhelhetőség, merevség, pontosság, ezen követelményeknek rendelik alá a gép egyéb jellemzőit. Ez miatt a sebesség nem éri el a robotoknál szokásos értékeket, valamint a munkatér jelentősen kisebb. Robotoknál a nagy munkatér, nagy sebesség a kívánalom, mérsékelt teherbírás, és a szerszámgépekhez képes 2-3 nagyságrenddel kisebb pontosság és merevség mellett. Ezen egymásnak ellentmondó követelmények miatt a két gépcsoport az alkalmazási terület tekintetében élesen elkülönül.

A párhuzamos kinematikájú (Stewart- Platform) robotok (szerszámgépek) előnyösen egyesítik a két gépcsoport tulajdonságait.

A párhuzamos kinematikájú robotok felépítése

A kinematika rendkívül egyszerű, és három fő részre tagozódik:

- Hosszukat változtatni képes lábak (teleszkóphenger, golyósorsó stb.)
- Egy álló és egy mozgó platform
- A lábak a platformokhoz csuklókon keresztül kapcsolódnak.

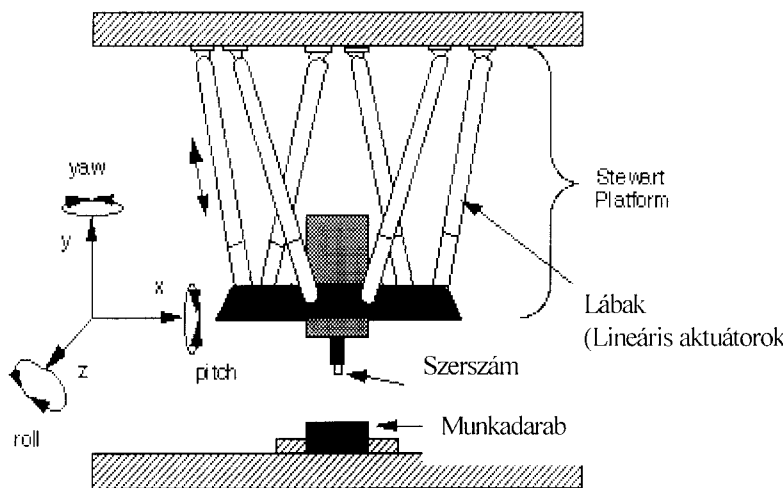
Az első párhuzamos kinematikájú robotok 6 lábbal épültek, (1. ábra) innen származik a HEXAPOD elnevezés.[1, 2] A berendezés 6 darab, az álló platformhoz csuklókkal rögzített, hosszukat egymástól függetlenül változtatni képes lábból (lineáris aktuátorok) áll, melyek a mozgó platformhoz szintén csuklókkal kapcsolódnak. Ez a hexapod kinematika 6 szabadságfokú mozgást tesz lehetővé.

A lábak hosszának változtatásával a mozgó platform a munkatér tetszőleges pontjába, tetszőleges orientációval eljuttatható. A munkatér a lineáris aktuátorok mozgástartománya, valamint a lábak egymással vagy valamelyik platformmal történő ütközése korlátozza.

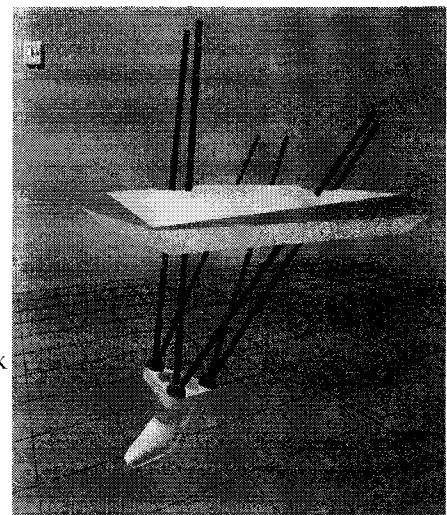
A hexapod robotok jellemzője a nagy teherbírás, nagy merevség, az álló platformnál általában nagyobb alapterületű munkatér. A nagy teherbírás annak köszönhető, hogy a lábakat hajlító igénybevétel nem terheli, csak tisztán rúdírányú erők hatnak, és a terhelés megoszlik az egyes lábak között. [1] Mivel a hexapod robotokban nincsenek a hagyományos szerszámgépekben használatos szánok, vezetékek, a mozgó tömegek jelentősen kisebbek. A mozgó tömeget a lábak, a mozgó platform, valamint a rajta elhelyezett berendezések (főorsó, manipulátor, mérőfej stb.) képviselik. Ezek miatt a párhuzamos kinematikájú gépek merevsége és terhelhetősége eléri az azonos munkatérű hagyományos szerszámgépekét, egy nagyságrenddel kisebb saját tömeg mellett.

A sebesség és gyorsulás tekintetében a hexapod robotok elérik a hagyományos robotoknál szokásos 1 m/s és 1-2 g tartományt. Mindezen tulajdonságok miatt a legjelentősebb alkalmazási területük a nagysebességű forgácsolás, a lézer- és vízsugaras vágás, mérés, nagy pontosságú pozicionálás.

A hatlábú kinematika legnagyobb hátránya a korlátozott rotációs mozgástartomány ($\pm 15-30^\circ$). Ezért általában még két rotációs tengellyel szerelik fel őket. (2. ábra) [1]



1. ábra



2. ábra

Ez nemcsak drágítja a szerkezetet, de a vezérlés szempontjából is komoly problémát okoz. A nyolc vezérelt tengellyel a kinematika redundánssá válik. A vezérlések a feladatot általában úgy oldják meg, hogy a mozgó platform mindig párhuzamos marad a gép alapsíkjával, azaz csak háromtengelyes mozgást végez, a két rotációs mozgást a platformra szerelt billenőfej végzi. [2]

Tripod robotok

Párhuzamos kinematikát 3 lineáris aktuátorral is meg lehet valósítani, ekkor a lábak egy tetraéder éleit testesítik meg. Ezzel az elrendezéssel csak 3 tengelyes pozicionálás valósítható meg, a mozgó platformhoz rögzített koordináta-rendszer tengelyei nem állíthatók be tetszőleges irányba, az irányukat a mozgó platformnak a munkatérben elfoglalt helyzete, és az adott kinematikára jellemző sajátosságok határozzák meg. A koordináta-rendszer tengelyei a munkatér azonos pontján mindig azonos irányba mutatnak.

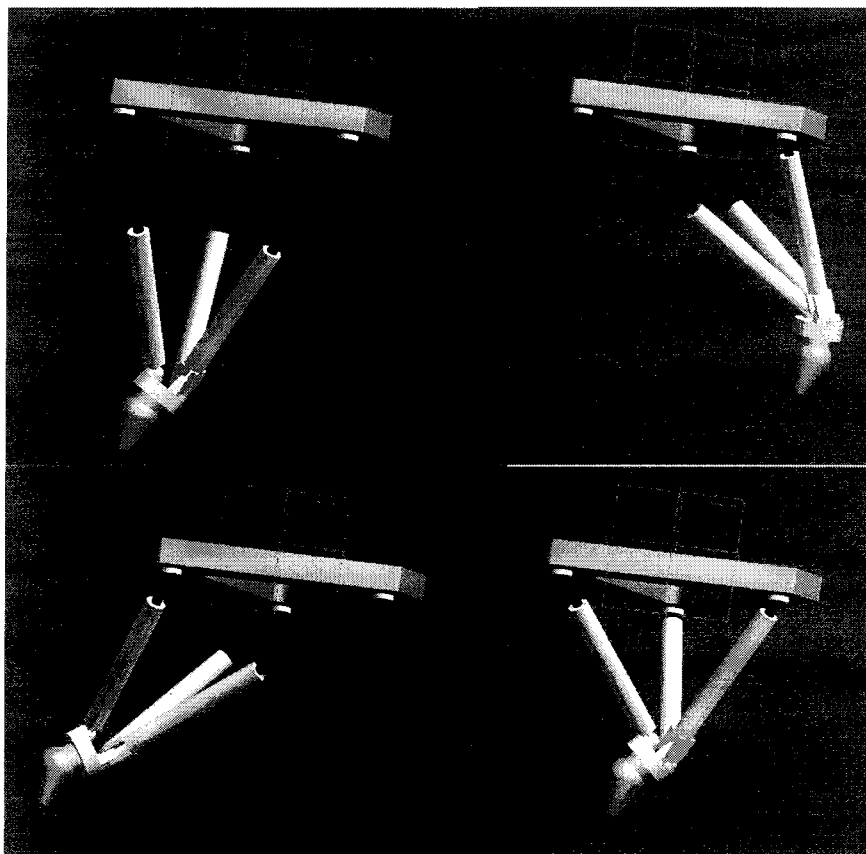
A 3 láb előnye az egyszerűbb, olcsóbb szerkezet, a legnagyobb hátránya a kisebb torziós merevség. Az előnyök közé tartozik a hexapod szerkezetekhez képest, hogy az 5- tengelyes mozgás megvalósításához szükséges billenőfej felszerelése esetén sem válik a kinematika redundánssá, valamint a mozgás matematikai leírása jóval egyszerűbb.

Az általam a Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén kifejlesztett tripod kinematika az álló platform alapterületénél nagyobb munkatérrel, és az X, Y, Z- irányban kiegyenlített terhelhetőséget biztosít.

Golyósorsókat alkalmazunk lábként, ezeket az SKF magyarországi képviselője bocsátotta rendelkezésünkre. A lábak az álló platformhoz kardáncsuklókon keresztül kapcsolódnak, ezeken a kardáncsuklókon képeztük ki a motorok és a bordásszík hajtás helyét. A meghajtást INLAND típusú AC-szervomotorokkal oldottuk meg.

A tervezés során elvégeztük a robot számítógépes modellezését és szimulációját. Az alkalmazott program a SOLID EDGE nevű parametrikus tervezőrendszer volt. A modellezés során meggyőződünk arról, hogy a kinematika működőképes, ellenkező esetben ugyanis nem lehetett volna a modellt a SOLID EDGE-vel felépíteni.

A következő ábrán négy különböző helyzetben látható a modell. (3. ábra)



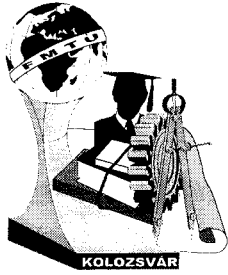
3. ábra

Felhasznált irodalom:

- [1] Effektiver fräsen mit sechs Beinen,
Hebsacker, M.; Schweizer Präzisions-Fertigungstechnik, 1997. August
- [2] Offene objektoriente CNC-Steuerungarchitectur am Beispiel der Hexapod-Maschine
Kreidler, V. ; Fachaufsatz/ sonderdruck „, Hexapodmaschinen „, 1997

Név: Stankóczy Zoltán, doktorandusz
Munkahely: Budapesti Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék
Magyarország, Budapest, Egry József u. 1
1111

Tel: 36(1)463-2641
Fax:36(1)463-3176
E-Mail:stanz@manuf.bme.hu



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Ultraprecíziós orsófelfogó szerkesztése

Tóth Lajos

Abstract

Advanced ceramics, thanks to their high strength at elevated temperatures, high resistance to wear and chemical attack, are becoming more widely used in industry. On the other hand there is a growing need for aspherical optical surfaces free of sub-surface damage. The extending demand for parts made of brittle materials necessitates the use of high precision grinding.

The grinding of brittle materials so far has been in brittle fracture mode, which results in poor surface finish. Ductile regime grinding can obviate these problems and produce mirror surface finish.

At the Technical University of Budapest, Department of Manufacture Engineering a high precision grinding machine has been constructed by mounting an additional spindle on a high precision lathe. This paper describes the reconstruction work.

Bevezetés

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén több éve folynak kutatások az ultraprecíziós megmunkálások területén. Ehhez két darab ultraprecíziós eszterga áll rendelkezésre. Több éves sikeres munka eredményeként kiforrott technológia alakult ki alumínium, színesfémek, illetve edzett acél ultraprecíziós megmunkálására.

Az 1997-es év folyamán elhatározás született az ultraprecíziós megmunkálások körének kibővítésére. Ennek érdekében sor került a második eszterga rendszerbe állítására a tanszéki ultraprecíziós laboratóriumban. Egy klimatizált helyiséget alakítottunk ki megfelelően rezgésszigetelt alapozással, itt a tervek szerint az esztergálás mellett rideg anyagok köszörülését fogjuk végezni. Ehhez szükség volt az ultraprecíziós eszterga alkalmazási lehetőségeinek kibővítésére, a szerszám gép kismértékű módosítására.

Mivel a terület Közép-Kelet-Európában újnak számít, a köszörülési kísérletek előkészítésének első fázisaként áttanulmányoztuk a szakterületen elérhető külföldi irodalmat, melyek alapján több

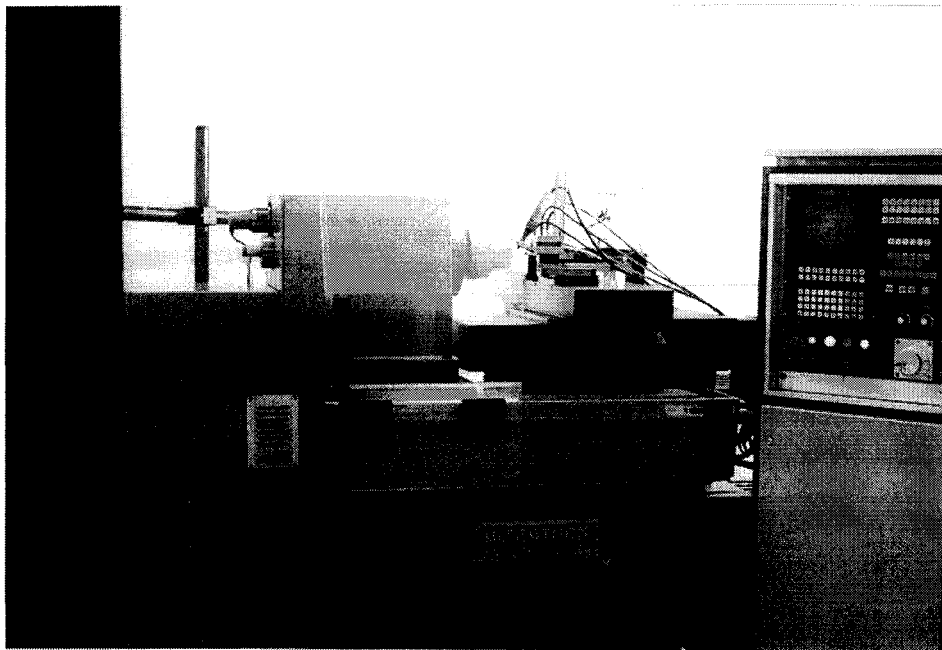
összefoglaló dolgozat készült a rideg anyagok köszörülésének elméletéről, és az ultraprecíziós gépépítés problémáiról. [1] [2] Ezek jó támpontot nyújtottak a tervezett gépátalakítás fő irányvonalainak meghatározásához (pl. merevség, pontosság, szerszámanyagok, stb.). [3]

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén a múlt év folyamán kezdett előkészületek ultraprecíziós köszörülési kísérletekhez befejeződtek. Az elmúlt év során megtörtént egy nagy pontosságú és fordulatú köszörűorsó és a megfelelő segédberendezések (levegőszűrő, elektromos kiegészítők, vízhűtő, stb.) beszerzése. A köszörűorsó felfogó-készülékének tervei elkészültek, és legyártásra kerültek. A kísérletek előkészítésének másik oldala a jövőbeni forgácsolási kísérletek kiértékelésének előkészületei. Ehhez elengedhetetlen feltétel egy forgácsolási folyamatjellemzők mérésére alkalmas mérőállomás telepítése, amelynek összeállítása szintén lezajlott, részben új eszközökből, részben a Gépgyártástechnológia Tanszék már meglévő műszereiből.

A dolgozat a köszörülési kísérletek előkészületének eredményeit foglalja össze.

A köszörüléshez szükséges berendezések

A köszörülési kísérletekhez a tanszék ULTRATURN UPI nevű ultraprecíziós esztergáját kívánjuk használni (1. ábra). A gép HEMBRUG licenz alapján készült, a vezérlése NUM 760 CNC, amely 0,1 μm legkisebb programozható szánelmozdulást tesz lehetővé. A szerszámgép hidrosztatikus csapágyakkal rendelkezik.



1. ábra.

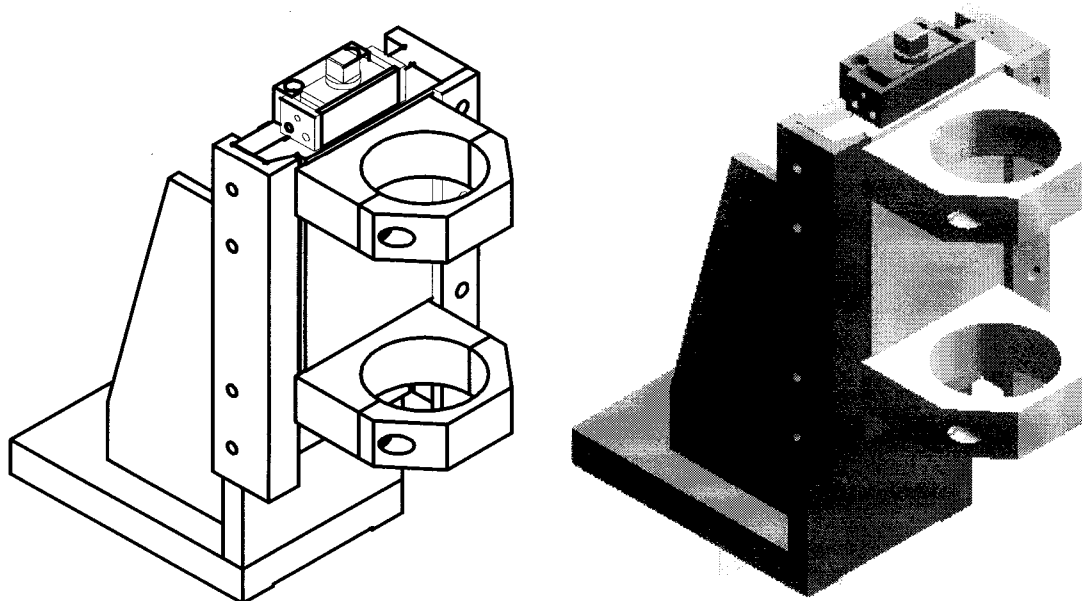
A ULTRATURN UPI eszterga

Köszörüléskor a főorsó szerepét egy nagyfordulatú motororsó veszi át, amely a Federol Mogul/Westwind 90HF2X jelű terméke. Ennek maximális fordulatszáma 30000 ford/perc, és rendelkezik a kívánt futáspontossággal. Az orsó légsapályazott, vízhűtéses. Nagyfeszültségű háromfázisú hálózatot, nedvesség és pormentes levegő utánpótlást igényel, amelyet egy SMC AR4000-03DGS (UKA 518) típusú levegőszűrő biztosít. A zavartalan működéshez állandó, korrozív anyagoktól és mikroorganizmusoktól mentes vízhűtésre van szükség (CHILLER MAXI 300-48/289G/008). Az elektromos hálózat zavaró jeleinek kiküszöbölésére az orsót tápláló áramkörbe frekvenciaszűrőt kell bekötni (KEB RS3015-KD4). A fokozatmentes fordulatszám változtatást az orsóhoz megfelelően választott vezérlőegység biztosítja (KEB COMBIVERT AC 3PH inverter).

Az orsó függőleges elhelyezése esetén síkfelületeket, szférikus és aszférikus üveglencsákat tudunk köszörülni. A függőleges elrendezéshez egy orsófelfogó készülék került legyártásra. Ennek fő jellemzői: mikron pontosságú állítási lehetőség, nagy pontosság, statikus illetve dinamikus merevség.

Az orsófelfogó készülék szerkesztése

Az előzetes elképzelések és vázlatok finomítása után elkészültek az orsófelfogó részletes tervei. A 2. ábrán a felfogó készülék számítógépi modellje látható. A függőleges elrendezéshez készített orsófelfogó szerkezet $1\ \mu\text{m}$ alatti pontossággal állítható. A durvabeállítás trapézmenetes orsó segítségével hajtható végre, a finombeállítást egymáson elcsúszó ékpárok segítik. Az állítás kézi mozgatással történik. Az orsót tartó szán mozgatása holtjáték-mentesen történik, a szánt rögzítésének feloldásakor (beállításkor) rúgós leszorító elemek tartják pozícióban.



2. ábra

A felfogó készülék számítógépi modellje

A készülék elmozduló elemeinek felületei, a csatlakozó és a bázisfelületek köszörültek. Az orsótartó bakok egytengelyűségét azzal biztosítottuk, hogy a bakok furatainak megmunkálására végleges helyükre történő szerelésük után egyszerre került sor. A hegesztett tartóállvány csatlakozó felületei szintén köszörültek, megmunkálásuk előtt feszültségmentesítő hőkezelésnek lett alávetve a szerkezet.

Összefoglalás

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén az ultraprecíziós köszörülési kísérletek előkészítő fázisa lezárult. Ennek eredményeként tanszéken egy nagyfordulatú motororsó telepítésére került sor a hozzátartozó kiegészítő berendezésekkel. Több iterációs lépés után olyan tervet sikerült kidolgozni, amelyet viszonylag egyszerűen lehet kivitelezni. Az általunk szerkesztett orsófelfogó szerkezet kielégíti az ultraprecíziós technológiák által támasztott követelményeket.

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Mészáros Imre, Tóth Lajos: Rideg anyagok ultraprecíziós köszörülése; Erdélyi Múzeum Egyesület, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka 1998, Kolozsvár, 249-252
- [2] Tóth Lajos: Ultraprecision Grinding; Springer Hungarica Kiadó, Proceedings of First Conference on Mechanical Engineering, 1998, Budapest, 525-528
- [3] Y. Namba, M. Abe: Ultraprecision Grinding of Optical Glasses to Produce Super-Smooth Surfaces; Annals of the CIRP Vol. 42/1/1993, 417-420

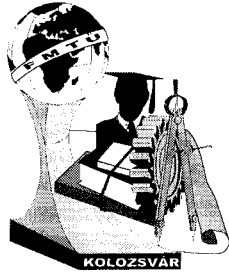
Tóth Lajos doktorandusz

Budapesti Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék

H-1111 Budapest, Egry J. u. 1. E/204

Tel.: +36 1 463 2641

Fax.: +36 1 463 3176



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

A gyártmány környezetkímélő fokának szakbírálata

Karolína JERGOVÁ, Jana MUDROŇOVÁ,
Vladimír ZVIRINSKÝ

Abstract

The amount of damage to the environment is increasing rapidly. These areas have local character, but according to whole damaged area in some cases the damage to the local environment is far bigger. Those are the reasons to be concerned about safety and environmental risks of produce during its whole life - cycle and to set the degree of environmental hazard of produce.

A nagy ökológiai katasztrófák kezdeményeszték a legislatív környezetvédelmi veszélyek óvintézkedését. A föld némely részén közeledik az idő, mikor a társaságok vagy megfelelnek a biztonsági és environmentális szabványoknak, vagy befejezik működésüket. Ez adja meg a további paramétereket függően a fizikai méretektől, amely hatással van a költségekre is és a szervezet túlélésének tárgyává válik.

És ugyanúgy a karbantartás költségei állandóan növekednek, abszolút és relatívan az összterhekhez. Valamelyik ipari ágazatokban ezek a kiadások jelenleg a második legmagasab kiadásokat jelentik. Szükséges egy olyan stratégiai keret, amely új ismereteket szintetizálná koherens alakba, hogy okosan tudják kiértékelni és alkalmazni azokat, amelyek legértékesebbek és leggazdaságosabbak az egész társadalom számára.

A veszély megállapítása

Ha kiválasztódik a megfelelő forma (például gép, tevénykenység, munkakörnyezet) szükséges megállapítani azokat a tulajdonságokat, amelyek okozhassák a negatív hatásokat balaset formájában, egészség károsodás formájában és a gép meghibásodás formájában.

Ez úgy történik, hogy megtárgyalják a gyártókat és a tervezőket, tehnikusokat, karbantartókat a vezető dolgozókat és a konkrét munkásokat az adott munkahelyen, hogy ők hogy látják a valós helyzetet a gépezeten az ő üzembehelyezése idején és a működtetése alatt és milyen tapasztalataik vannak egyes veszélyhelyzettel a munkahelyen és ebből megállapítják a rossz hatásokat. További lehetőség még a gép rendszeres ellenőrzése.

A legjobb módszer a már megtörtént esetek elemzése, melyek a további helyzetekből adóttak:

a) Berendezések:

- mozgó részek nemmegfelelő elfedése,
- tárgyak szabad mozgása (forgás, hullás, csuszás), amelyek rossz hatással lehetnek a környezetre vagy a munkahelyre
- gép és szállító eszközök mozgása
- tűz és robbanás veszélye

b) Bevezetés környezetet veszélyesztető anyagokkal:

- veszélyes anyagok felhasználása vagy aborpciója
- gyúlékony és robbanó anyagok használata
- maróanyagok jelenléte
- reaktív anyagok
- ingerlő anyagok

- c) Fizikai bevezetések:
 - elektromágneses kisügárzás
 - hang és ultrahang hallások
 - vibráció rezgés
 - forró anyagok és a környezet
 - hideg hatású anyagok és a környezet
 - elemek nyomás alatt (sűrített levegő, pára, folyadékok)
- d) Környezet hatások és munkakörnyezet légkörü viszonyok:
 - nemmegfelelő világítás
 - nemmegfelelő hőség, nedvesség, szellőztetés
 - szennyezés, rendetlenség
- e) Egyéb tényezők:
 - az egyén veszélyes viselkedése
 - az állatokal való munka
 - nemmegfelelő időjárás
 - munkahely változtatás
 - víz alatti munka

A veszély elemzése és meghatározása

Ha a veszélyek már azonosítva voltak, meg kell határozni, hogy okozhatnak balesetet, kárt, meghibásodást – negatív hatást. Szükséges megállapítani a folyamatát az emberre vonatkozó negatív hatását, valamint a gépre, környezetre és egyéb értékekre. Egy veszélyből történhet nemcsak egy de több baleset is.

Veszélyek megállapításának módját két csoportra oszthatjuk:

- a) Oszehasonlító módszer
- b) Alapformák – arra vannak alapozva hogy mi történik, ha

A veszély megállapításának formája főleg azokon a területeken érvényesülhet, ahol a szerkezet bármely része felmondta a szolgálatot (például = ember, gép, környezetvédelem).

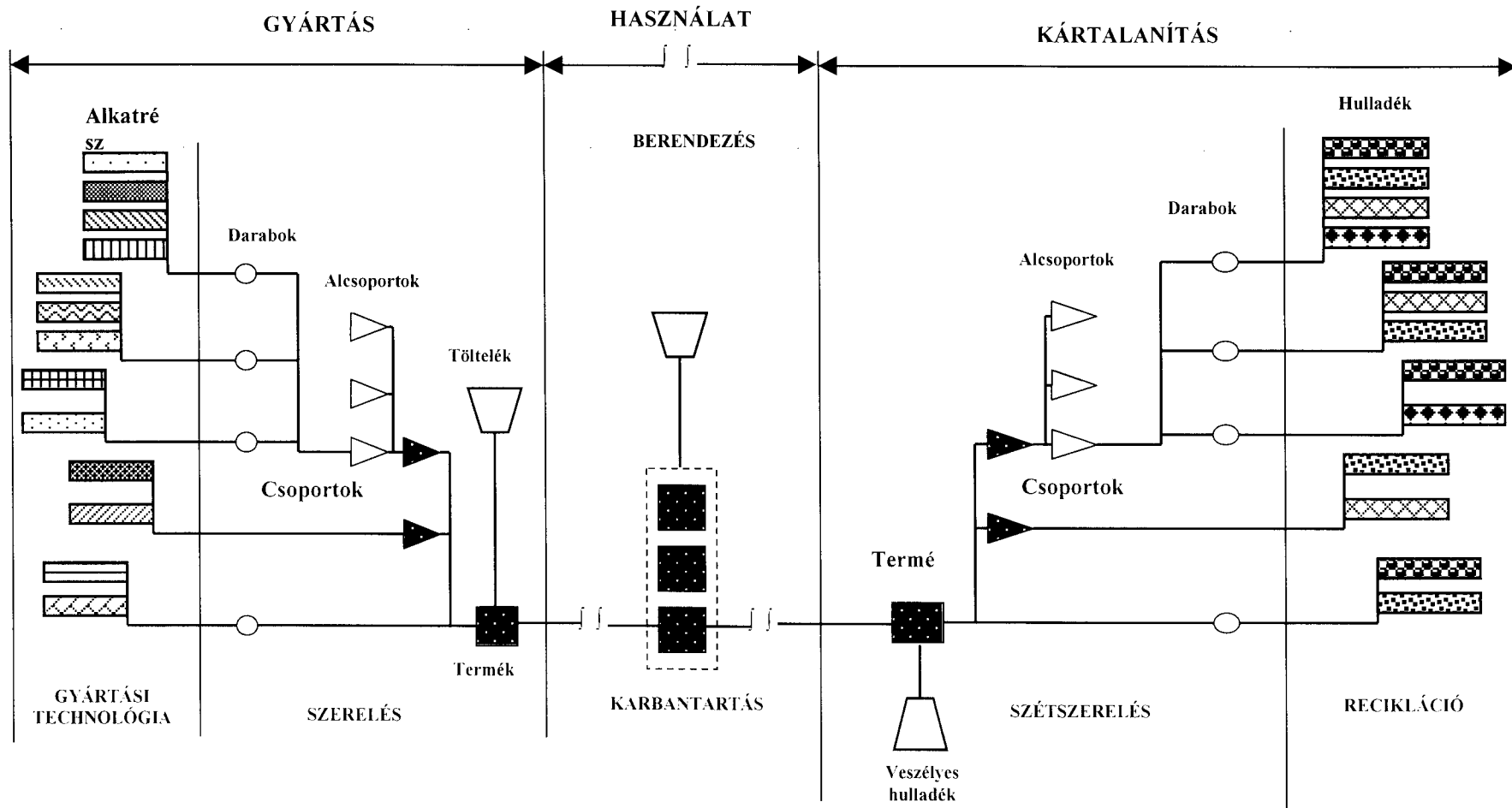
A tudomány és technika fejlődése alátámasztja a lehetőségeket, baleseteket és ökológiai problémákat, amely kapcsolatba van az ismeretek szintjével.

A rizikó megállapításának módszerei:

- FMEA (FAILURE MODES AND EFFECT – ANALYSIS)
- FMECA (FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS)
- FTA (FAILURE TREE ANALYSIS)
- ETA (EVENT TREE ANALYSIS)
- HAZOP (HAZARD ANALYSIS AND OPERABILITY STUDY)

A termék élet ciklusa

A termék élet ciklusa felosztható 3 fázisra: - gyártás
 - használat
 - szétszerelés

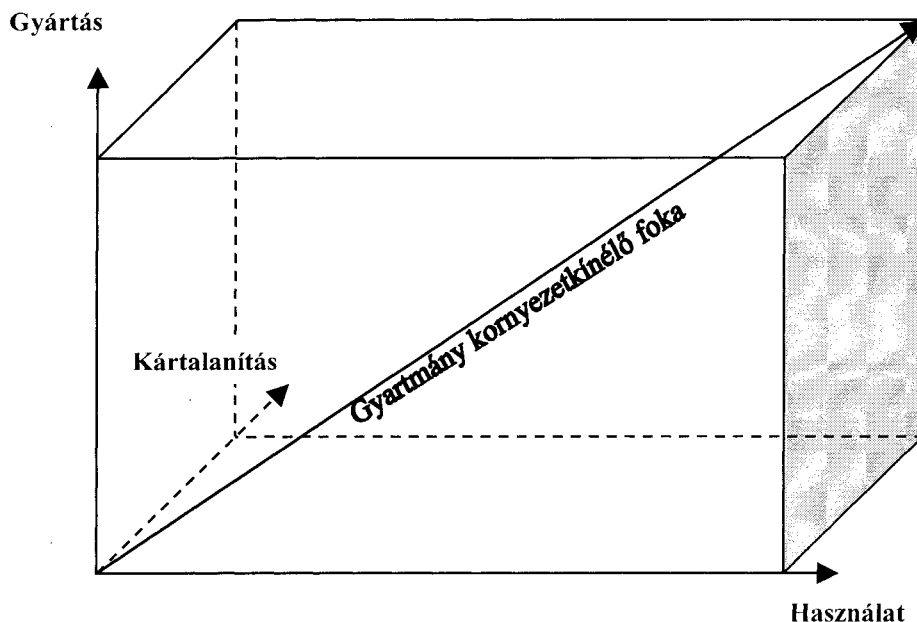


1. ábra. Termék életciklusának vázlata

Mind a három fázis más mértékkel vesz részt a folyamatban. A termék gyártásánál környezetvédelmi veszélyt főképp a gyártási technológia jelenti. Itt a legnagyobb veszélyt a nyersanyag kitermelése és előkészítése jelenti. Az összeszerelésnél a legnagyobb veszélyt a gépek kenő és hűtőanyagok feltöltése jelenti. A termék használatánál környezetvédelmi veszély fokát növelheti sok külső hatás. A környezetvédelmi veszély harmadik csoportját az elhasználot termék és az ő megsemmisítése jelenti. Az ilyen termékeket nem megfelelő raktározni és egyre gyakrabban történik ennek szétszerelése és újra feldolgozása. Felhasználható komponensek vagyis anyagok mellett veszélyes hulladék is keletkezik, melyet szükséges ártalmatlanná tenni.

A leíratókból a következő látható: az alkatrészek megvolnának jegyezve milyen anyagból készültek, és hová vihetjük a újrafeldolgozásra . Ez főleg a műanyagok, sokféle öntvények, elektrotechnikai berendezések és más komponensokra jellemző, melyek presztízis szétosztírozással mint elsősztályúk szolgálhatnak.

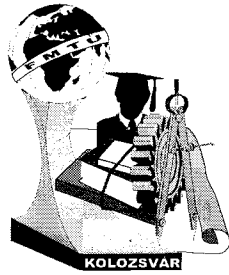
Termék környezetkímélő foka



2. ábra. Termék környezetkímélő foka

A termék environmentális veszély fokát szükséges megállapítani három dimenzióban , mert minden egyes fázis más-más veszély jelent. A gyártásnál biztonságért a gyártó felelős, a használatnál a használó és a gyártó is. A likvidálásnál a megsemmisítő üzem felelős. A veszély fokát a következő ábrán mutathasük meg.

Karolína JERGOVÁ, Ing., Jana MUDROŇOVÁ, Ing., Vladimír ZVIRINSKÝ, Ing.,
 TU SjF, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park J.A.Komenského 5, 041 87 Košice,
 Telefon: 00421(95) 602 2924
 Fax: 00421(95) 602 633 2724
 E/mail: jergova@ccsun.tuke.sk, mudron@ccsun.tuke.sk, zvirinsk@ccsun.tuke.sk,



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Hipoid kúpfogazatok görbületeinek vizsgálata CAD rendszerek segítségével

Kismihály János

Összefoglalás

A kúp- és hipoidkerekek származtatásakor, a relatív mozgás során, a származtató- és a származtatott felület egymást kölcsönösen burkolják. Az ilyen fogfelületek görbületeinek számítása meglehetően bonyolult.

Kutatásainkban arra kerestünk választ, hogyan lehet felhasználni a 3D-s tervezőrendszereket ilyen problémák könnyebb megoldására. Ismerve a körívfogazatú hipoid kúpkerékpár származtatási módszerét, az Euclid tervezőszoftverrel előállítottuk a fogaskerekek felületmodelljeit. Először külön-külön vizsgáltuk a főpontban a száras- és a tányérkerék fogfelületeinek tetszőleges metszetszeli görbületi sugarának és görbületének változását, azután pedig az egymással kapcsolódó fogfelületek redukált görbületét.

Kutatásaink által bebizonyosodott, hogy a 3D-s tervezőrendszerek alkalmasak ilyen jellegű feladatok megoldására, kiküszöbölve a bonyolult matematikai képletek alkalmazását.

Bevezetés

Kúp- és hipoidfogaskerekek esetében általában ismert az ideális szerszám származtatófelülete, így a főmetszeteinek görbületi sugarai is (ρ_{S1}, ρ_{S2}). Meg kell határozni az általa lefejtett fogfelületek főmetszeteinek görbületi sugarait (ρ_{11}, ρ_{22}). Az Euler-Savary tételt alkalmazva [5], a szakirodalomban található megoldások, az egymást kölcsönösen burkoló fogfelületek görbületeit rendszerint csak egyetlen síkmetszetben, az osztókúpok által alkotott közös érintősíkban vizsgálják.

$$\frac{1}{\rho_{11}} = \frac{1}{\rho_{S1}} \pm \frac{\cos \delta_1 \sin^2 \beta_1 \cos^2 \alpha_n}{r_{m1} \sin^2 \alpha_n} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\rho_{22}} = \frac{1}{\rho_{S2}} \pm \frac{\cos \delta_2 \sin^2 \beta_2 \cos^2 \alpha_n}{r_{m2} \sin^2 \alpha_n}$$

ahol: α_n a normálkapcsolószög, β_1, β_2 a foghajlászsög, δ_1, δ_2 az osztókúpok félnyílásszöge.

Ismerve a főmetszetek görbületeit, kiszámítható a tetszőleges normálmetszetszeli görbület is:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_I} \cos^2 q + \frac{1}{\rho_{II}} \sin^2 q \quad (2)$$

ahol: ρ_I, ρ_{II} a főmetszetek görbületi sugarai, q a normálmetszet elhelyezkedési szöge.

Fogfelület tetszőleges metszetsbeli görbületének meghatározása CAD rendszerben

A fogfelület görbületének meghatározására CAD rendszer segítségével, szükséges a felület 3D-s modelljének az előállítás, mely két féle módon lehetséges:

1. Matematikai úton, a származtató fogfelület egyparaméteres burkolása révén meghatározzuk a származtatott felület biparametrikus egyenletét.

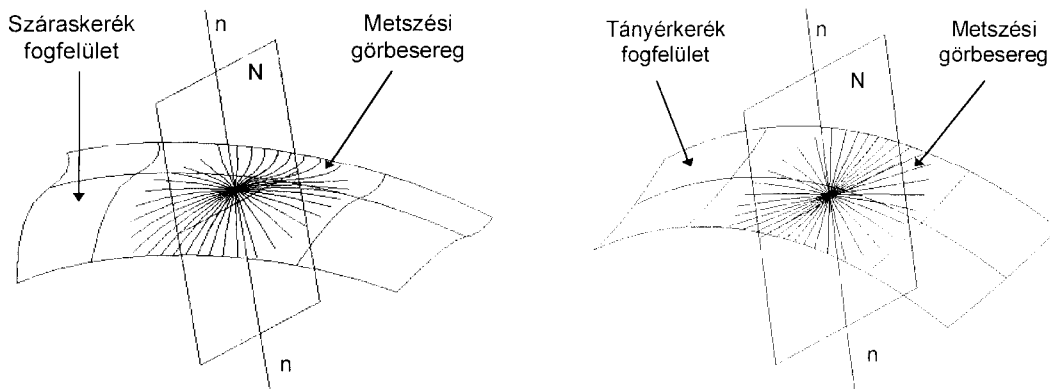
$$\bar{r}_1 = \bar{r}_1(p_1, u_1, \varphi_1) \quad , \quad \bar{r}_2 = \bar{r}_2(p_2, u_2, \varphi_2) \tag{3}$$

A paraméternek értékét adva a szélső értékek között, egy térbeli ponthálót kapunk, melyet a CAD rendszerben Spline felülettel burkolunk [4].

2. Meghatározzuk a normálmetszeti fogprofil és a fogiránygörbe egyparaméteres egyenletét. Jelöljük P(p)-vel egy tetszőleges pont helyzetét a fogprofilon, ahol $p \in [p_1, p_2]$, valamint T(t)-vel egy tetszőleges pont helyzetét az iránygörbén, ahol $t \in [t_1, t_2]$. Elcsúsztatva a fogprofilgörbét a fogiránygörbén megkapjuk az S(p, t) egyenletű fogfelületet.

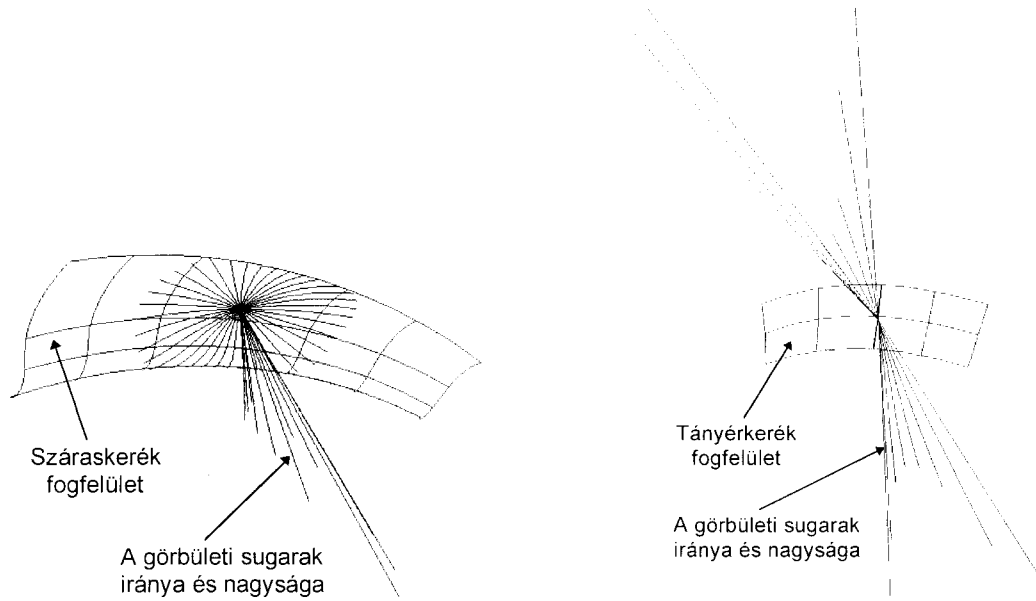
$$S(p, t) = T(t) P(p) \quad \forall p \in [p_1, p_2] \text{ és } t \in [t_1, t_2] \tag{4}$$

A hajtás főpontjában felvesszük az N normálsíkot, melyet tetszőleges szögelfordulással többször elforgatunk a főpontbeli n-n normális körül. Elmetszve a fogfelületet a síkokkal egy görbesereget kapunk, melyek a főpontban metszik egymást (1. ábra). Bármely CAD rendszer meg tudja határozni tetszőleges térbeli görbe tetszőleges pontbeli görbületi sugarának irányát és nagyságát. A kapott görbesereg metszéspontbeli görbületi sugarának értékét és irányát a 2 ábra mutatja, a száras kerék konvex-, valamint a tányérkerék konkáv fogdala esetén.



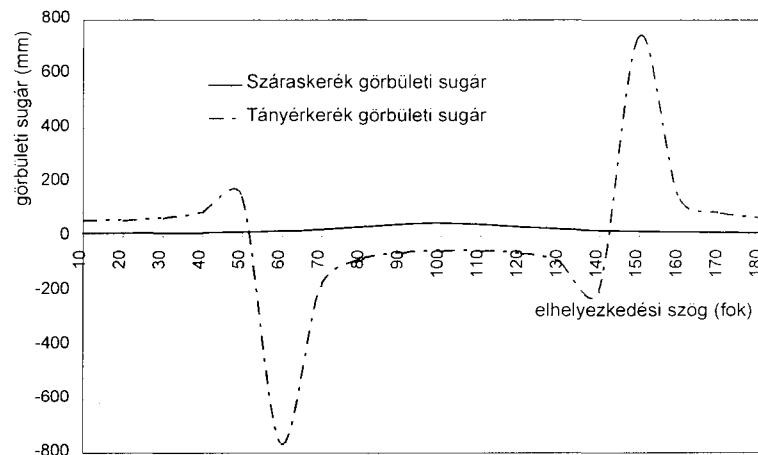
1. ábra. A fogfelület metszése a normálsíkokkal.

A száras kerék konvex fogoldalának görbületi sugarainak az iránya megegyezik (a fog belseje felé mutatnak) és egy kúpfelületet burkolnak, melynek csúcsa a főpontban helyezkedik el (2. ábra), míg a tányérkerék konkáv fogoldalának görbületi sugarainak iránya változó (egyik fele befele, a másik fele kifelé mutat) és egy-egy fél kúppalástot burkolnak a fogfelület két ellentétes oldalán, melyek egymásnak komplementárisai és közös csúcsuk szintén a főpontban van.

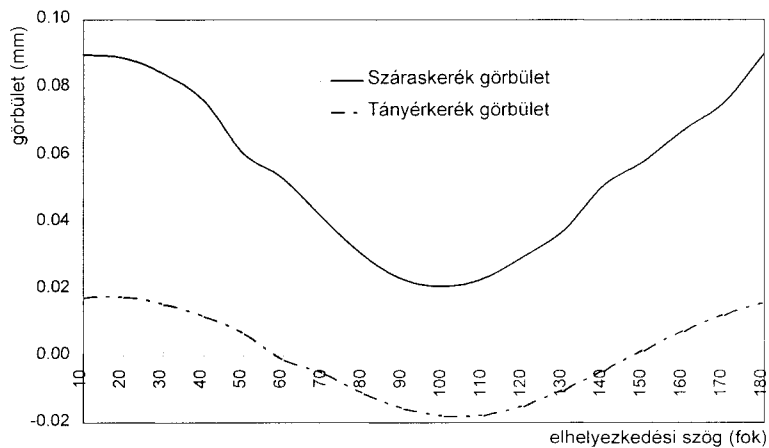


2. ábra. A főponti görbületi sugarak irányvonalának elhelyezkedése.

A görbületi sugár és a görbület változását a főpontban a 3, valamint a 4 ábra mutatja.



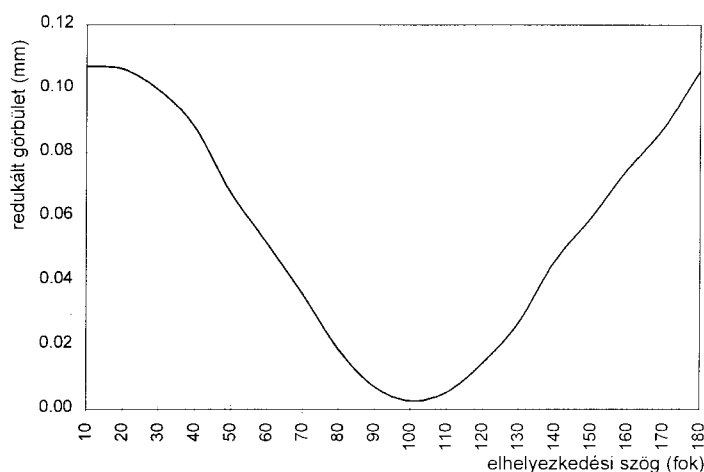
3. ábra. A görbületi sugár változása a főpontban.



4. ábra. A görbület változása a főpontban.

Megvizsgálva a 4. ábra diagramját, látható, hogy a száraskerék konvex fogfelületének a görbülete azonos előjelű bármilyen metszetben, tehát a két főmetszetben is, amiből következik, hogy ezen a felületen lévő főpont *eliptikus*. A tányérkerék konkáv fogfelülete esetén a változási görbéje metszi a vízszintes tengelyt, a két főmetszetben tehát a görbületek ellentétes előjelűek, következik hogy itt a főpont *hiperbolikus* pont. A két metszet melyekben a görbület előjelet vált merőlegesen egymásra.

A kapcsolódó fogfelületek hordképvizsgálata céljából eredményesebb a redukált görbület számítása, mely a kapcsolódó felületek egymáshoz viszonyított (relatív) görbületét adja meg (5. ábra).



5. ábra. A redukált görbület változása a főpontban.

Következtetések

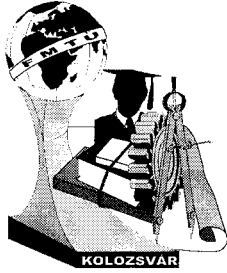
A CAD rendszerek felületmodellező moduljai segítségével lehetőség van bonyolult matematikai képletekkel való számolás kiküszöbölésére. Az eddig alkalmazott módszerek általában csak a főmetszetek görbületeinek a meghatározására voltak alkalmasak, tetszőleges metszetben tulságosan elbonyolódtak. A fentiekben bemutatott módszer segítségével gyorsan és egyszerűen meghatározható tetszőleges fogfelület tetszőleges metszet- és pontbeli görbülete, vagy annak a változása.

Irodalom

- [1] Dudás, I. Csavarfelületek gyártásának elmélete. Doktori értekezés tézisei, Miskolc, 1981.
- [2] Euclid. Advance Surface, vol 1. Matra Datavision, 1997.
- [3] Gyenge, Cs. Contribuții asupra îmbunătățirii preciziei frezor melc pentru executarea angrenajului melcat duplex. Teză de doctorat, IPCN, 1979.
- [4] Kismihály, J., Gyenge, Cs. Modern tervező és gyártórendszerek alkalmazása íveltfogú hipoid hajtópár tervezésében és gyártásában. FMTÜ'98, Kolozsvár, 1998 március 19-21.
- [5] Lévai, I. Hipoidhajtások tervezésének alapjai. Egyetemi Kiadó, Miskolc, 19994.

Kismihály János, doktorandusz

ARMATURA S. A. , Gării u, 19
Tel: 435367/108, 124 Fax: 435368



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Az áramátadó elem és a hegesztőhuzal közt kialakuló érintkezési viszonyok áramhálózatos modellezése

Adorján Gábor

Dr. Kiss Antal

Abstract

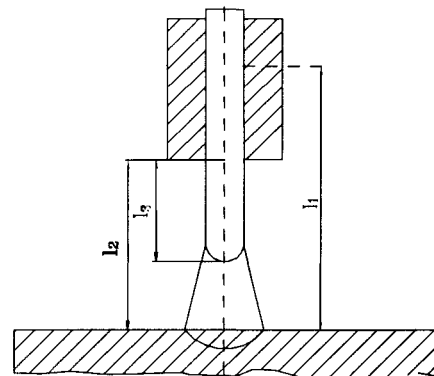
The contact tube a very significant equipment at the gas shielded arc welding. The number of point of contact and its places – which occur due to different welding process- can influence the distance between workpiece and bottom of contact tube. That's why important that we can determine the numbers of contact which be in same time. This paper introduce us that what in way can be modelling the affort mentioned problems with a simply circuit diagram modell.

Bevezetés

A különböző fogyóelektrodás ívhegesztéses eljárásoknál az ívgyújtás és az ív fenntartása szempontjából szükséges hegesztőáramot a hegesztőfejben lehetőleg az ívhez közel kell a hegesztőhuzalra átadni. Ezt az átviteli követelményt egy speciális szerkezeti elem teljesíti, melyet áramátadó elemnek nevezünk. Az áramátadó elem és a hegesztő huzal érintkező felülete közt kialakuló áramátadási folyamat minősége döntően befolyásolhatja a hegesztéskor kialakuló anyagátviteli folyamatokat.

A szakirodalomban a huzalkinyúlás többféle értelmezésével találkozhatunk, melyek az alábbiak:

- *Elméleti huzalkinyúlás (l_1):* az áram belépési pontja és munkadarab közti távolság.
- *Gyakorlati huzalkinyúlás (l_2):* az áramátadó elem alsó pontja (mint feltételezett egyedüli áramátadó hely) és a munkadarab közti távolság. (ez a gyakorlatban - üzemi körülmények között - is jól mérhető, reprodukálható).
- *Üzemelő huzalkinyúlás (l_3):* az áram belépési pontja és az elektróda még éppen szilárd végpont-ja közti távolság.

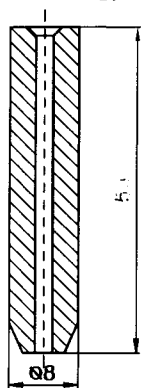


1.sz. ábra

Az értelmezés nehézségei több okra vezethető vissza, melyek - ezek közül csak néhányat megemlítve – az alábbiak lehetnek: Bizonytalanságot jelenthet a munkadarab – hegesztés közbeni - hő okozta maradó alakváltozása, a pisztoly és a munkadarab közötti távolság változása a hegesztés közben, többretegű varratoknál a már lerakott varrat felületi egyenetlensége. Mint látható, a különböző huzalkinyúlás definíciók közül az üzemelő huzalkinyúlás közelíti meg leginkább a valóságot abban az

esetben, ha az áramátadás ténylegesen egy pontban valósul meg az áramátadó elem belső furata és a rajta v_h sebességgel áthaladó huzal között.

A szerzők számos tanulmányban foglalkoztak már [1 - 2] az áramátadó elem és a huzal közti érintkezési problémák vizsgálatával. Kimutatható, hogy a valóságban az áramátadás soha nem egy pontban, hanem elsődleges és járulékos kontakt pontok egész sorozatán keresztül valósul meg. Elsődleges kontakt pontoknak nevezzük azokat az érintkezési pontokat, melyek közvetlenül a huzalvezető csatorna és a huzal közt alakul ki egy „pontoszerű felület” mentén és hegesztés közben állandóan léteznek. A járulékos kontakt pontok a huzal és a huzalvezető csatorna felületének érdességi csúcaiban, ill. az érintkezések helyein kialakuló, kis létidejű, nagy energiájú ívkisülések által – az érintkező párok felületéről - leváló anyagi részek továbbadásakor kialakuló ideiglenes és esetleges érintkezési pontok. Míg az elsődleges kontakt pontok helyei a kontakt elem érintkező felületén nagy pontossággal meghatározhatóak, addig a kis létidejű járulékos kontakt pontok



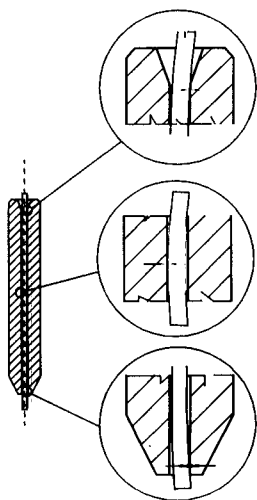
2. sz. ábra

kialakulása a teljes felület mentén lehetséges, azt pontosan lokalizálni nem tudjuk. Így felmerül a kérdés, hogyan határozhatjuk meg a különböző hőtechnikai számításokhoz elengedhetetlen a huzalkinyúlást, illetve a hegesztőhuzalon létrejövő feszültség esést.

Jelen tanulmány ehhez kíván segítséget nyújtani. Vizsgálataink során egy – a nagy teljesítményű fogyóelektródás ívhegesztő eljárás-sokhoz kifejlesztett és alkalmazott – a 2. sz. ábrán bemutatott áram-átadó elembe kialakuló érintkezési viszonyokat vizsgáljuk, illetve modellezzük egy áramhálózatos modell segítségével.

A huzal-áramátadó elem rendszer áramhálózatos modellje

A modell megalkotása szempontjából egyik legfontosabb lépés annak megállapítása, hogy az áramátadó elem illetve huzal közt üzem közben hány elsődleges kontakt pont jön létre és azok az áramátadó elem belső furata mentén hol helyezkednek el (a járulékos kontakt pontok hatását jelen esetben nem vizsgáljuk). A vizsgált áramátadó elem típusnál kialakuló kontakt pontok számának és helyeinek meghatározása oly módon történt, hogy 6 db elhasznált kontakt elemet hossz tengelye mentén félbevágtunk, és a huzalvezető csatorna mentén – szemrevételezéssel ill. mikroszkóppal - megvizsgáltuk a kopási nyomokat. Az észlelt kopási nyomokból megállapítható volt, hogy az adott típusú áramátadó elemnél üzem közben 3 db elsődleges kontaktpont jön létre a 3. sz. ábrán bemutatott helyeken.



3. sz. ábra

Tehát feltételezhető, hogy nem igaz az a gyakorlat-ban kialakult és elfogadott feltételezés, hogy a teljes áram egy érintkezési helyen (ponton) adódik át a huzalra és ez az érintkezési hely a kontakt elem alsó részén helyezkedik el.

Természetesen többpontos érintkezés esetén nagy fontossággal bír annak megállapítása, hogy az egyes áramátadási pontokban az eredő áram hány százaléka adódik át, illetve az egyes részárámok milyen mérvű ellenállásos hevítést és feszültség esést hoznak létre az adott huzal szakaszokon.

Az egyes áramköri elemeken illetve kontakt pontokon átfolyó áramok pontos nagyságának megállapításához az alábbi áramhálózatos modellt alkalmaztuk (4. sz. ábra).

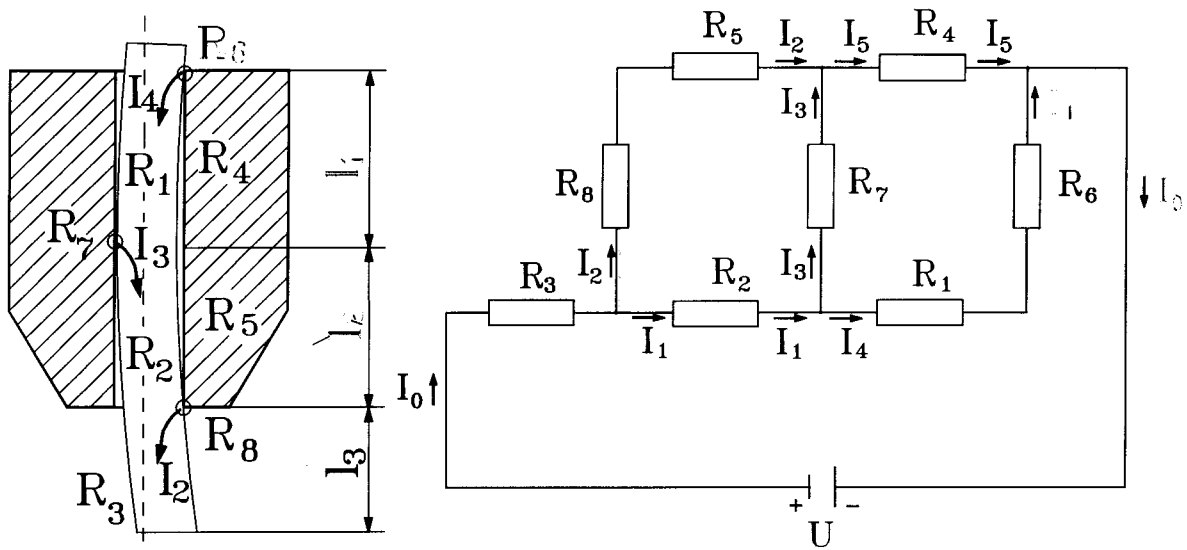
A korábbi vizsgálatok során már bebizonyosodott, hogy az áramátadó elemben kialakuló kontaktusok száma illetve az ezeken a helyeken kialakuló átmeneti ellenállás értékek nagy mértékben függenek a kontakt elem hosszától, az áramátadó elem és a hegesztő pisztoly konstrukciós – szerkezeti - kialakításától, az alkalmazott huzal mechanikai tulajdonságától, az érintkező felületeken elhelyezkedő szennyeződések

(húzózsír maradványok, felületi oxidréteg) mennyiségétől illetve a huzal tekerceselési átmérőjétől, stb. Ezen tényezőknek, a kontaktusok kialakulására gyakorolt hatása igen nehezen szám számszerűsíthető külön-külön. Ezért ezen tényezők együttes hatását – a modell szempontjából - mérésekkel a határoztuk meg

Jelölések:

R_1, R_2, R_3 : az egyes huzalszakaszok ellenállása, R_4, R_5 : az áramvezető elem egyes szakaszainak ellenállása, R_6, R_7, R_8 : az egyes kontakt pontok átmeneti ellenállása,

I_0 : eredő áramerősség, $I_1..I_5$: az egyes csomópontokon ill. huzaldarabokon átfolyó áramok,



4. sz. ábra

Az egyes csomópontokon átfolyó áramok meghatározásához felírva – az adott pontokra ill. ágakra - a Kirchhoff 1 és 2. törvényét az alábbi összefüggésekhez jutunk:

A független csomópontokra felírható egyenletek:

$$I_0 = I_1 + I_2, \tag{1}$$

$$I_1 = I_3 + I_4, \tag{2}$$

$$I_0 = I_4 + I_5, \tag{3}$$

$$I_5 = I_2 + I_3, \tag{4}$$

Hurok-egyenletek:

$$U = I_0 \cdot R_3 + I_1 \cdot R_2 + I_4 \cdot (R_1 + R_6), \tag{5}$$

$$0 = I_2 \cdot (R_5 + R_8) - I_3 \cdot R_7 - I_1 \cdot R_2, \tag{6}$$

$$0 = I_3 \cdot R_7 + I_5 \cdot R_4 - I_4 \cdot (R_1 + R_6), \tag{7}$$

Új változók bevezetésével illetve a fenti egyenletek megoldásával a keresett áramerősség értékekre az alábbi összefüggéseket nyerjük:

$$I_2 = I_4 \cdot \frac{R_2 + \frac{R_{27} \cdot R_{16}}{R_{47}}}{R_{58} + \frac{R_{27} \cdot R_4}{R_{47}}} \quad (8)$$

$$I_4 = \frac{U}{R_{23} \cdot (R_{16} - \Phi_R \cdot R_4) + R_3 \cdot \Phi_R + R_{1236}} \quad (9)$$

$$\Phi_R = \frac{R_2 + \frac{R_{27} \cdot R_{16}}{R_{47}}}{R_{58} + \frac{R_{27} \cdot R_4}{R_{47}}} \quad (10)$$

$$I_2 = I_4 \cdot \Phi_R \quad (11)$$

$$I_3 = \frac{I_4 \cdot R_{16} - I_2 \cdot R_4}{R_{47}} \quad (12)$$

$$I_5 = I_2 + I_3 = I_4 \cdot \left(\Phi_R + \frac{R_{16} - \Phi_R \cdot R_4}{R_{47}} \right) \quad (13)$$

$$I_1 = I_3 + I_4 = I_4 \cdot \left(\frac{R_{16} - \Phi_R \cdot R_4}{R_{47}} + 1 \right) \quad (14)$$

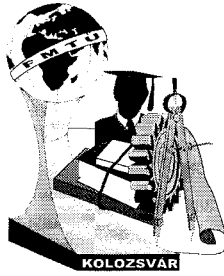
$$I_0 = I_1 + I_2 = I_4 \cdot \left(\frac{R_{16} - \Phi_R \cdot R_4}{R_{47}} + 1 + \Phi_R \right) \quad (15)$$

A fenti képletekkel elvégzett számítások alapján megállapítható volt, hogy a bevezetett áram mintegy 5,88 % - a az áramátadó elem és a huzal felső kontakt pontjain folyik keresztül, és az alsó kontaktuson kevesebb mint 95 %. Ez egyben azt is jelenti, hogy – a korábbi feltételezésekkel ellentétben - a huzal ellenállásos hevítése már az áramátadó elemben megkezdődik és nem csak annak kilépési pontjánál. Így például a huzalkinyúlás hőmérséklet eloszlásának ill. az egyes huzalszakaszokon eső feszültségek meghatározása szempontjából ezt is figyelembe kell venni és a huzalon eső feszültség a hagyományos módon nem számítható.

Az egyes huzalszakaszokon keletkező hő – és így, pl.: egyenértékű huzalkinyúlás - meghatározása egy összetett feladat, mely mindenképpen véges elemes analízist igényel. és mely a további vizsgálataink során bevezetésre, alkalmazásra kerül.

Felhasznált irodalmak jegyzéke:

- [1] Adorján G.: Az áramátadó elem és a hegesztő-huzal érintkezésekor fellépő áramátadási folyamatok vizsgálata microCAD '97 section G
 [2] Adorján G.: A forgóíves anyagátvitel stabilitásának vizsgálata microCAD '98 section G



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Kristályosodási folyamatok modellezése cella-automata módszerrel

Hojtsy Sándor és Réti Tamás

Abstract

A stochastic cellular automaton algorithm is developed that simulates the growth process of nuclei during crystallization. The algorithm is implemented in 2D in a digital image matrix, using discrete pixels to represent continuum objects. By employing a Monte-Carlo technique the stochastic model is compared with the classical Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov kinetic law. It has been shown that the outlined cellular automaton-type kinetic model can reproduce real transformation processes, and it can be advocated previously for enormously complicated problems where the microscopic growth mechanisms are unknown.

Bevezetés

Fázisok képződésének, növekedésének és átalakulásának modellezésére számos matematikai és fizikai-metallurgiai modellt dolgoztak ki az elmúlt évtizedek folyamán. Újabban, a digitális számítástechnika térhódítása következtében mindinkább előtérbe került az ún. átalakulási diszkrét modellek tanulmányozása, különösképpen pedig ezek determinisztikus és sztochasztikus változatainak kutatása. A következőkben egy olyan 2-dimenziós részecske növekedési modellt ismertetünk, amely bár alapvetően geometriai-valószínűségelméleti megfontolásokon alapul, mindazonáltal - esetleges módosításokkal - kiindulási alapnak tekinthető fázisok növekedési kinetikájának szimulációs elemzésére. Szimulációs vizsgálatokra támaszkodva demonstrálni fogjuk, hogy a javasolt új típusú 2-dimenziós, diszkrét-sztochasztikus növekedési modell olyan eredményeket szolgáltat, amelyek összhangban vannak a tradicionális Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov -féle csiraképződési és növekedési modellel (JMAK modellel).

A Növekedési Modell Jellemző Sajátosságai

Tekintettel arra, hogy a modell 2-dimenziós és diszkrét típusú, ezért egy négyzetes alakú $N \times N$ méretű $\mathbf{X}^{(0)}$ képmátrixszal reprezentálható a $t_0=0$ kiinduló állapotot. A kiinduló állapotban e mátrix elemei $x^{(0)}(i,j)$, ahol $1 \leq i,j \leq N$ teljesül. Az $x^{(0)}(i,j)$ mátrixelemek, amelyeket képelemeknek nevezünk, kétféleképpen lehetnek, attól függően, hogy az α vagy a β fázishoz tartoznak. Feltételezés szerint az α fázist és a β fázist egységnyi területű "a" valamint "b" képelemek alkotják. Az utóbbiakat tekintjük a növekedésre képes β fázis alkotóelemeinek. A "b" elemek alkotta fázis növekedését oly módon képzeljük el, hogy feltételezzük, hogy a képmátrix "a" elemei - amelyeknek közvetlen 8-szomszédos környezetében már található 0,1,2,...vagy 8 számú "b" elem - adott körülmények között, meghatározott valószínűséggel képesek "b" elemmé átalakulni. A teljes növekedési folyamat szimulációja számítási ciklusok sorozataként megy végbe. Egy számítási ciklus (szokásos szóhasználattal Monte-Carlo step, MCS ciklus) alatt a képmátrix teljes "leszkenelését" és transzformációját értjük. A k-adik ciklus eredményeként azon $\mathbf{X}^{(k)}$ képmátrix adódik eredményül, amely a növekedési folyamat k-adik generációját demonstrálja. Definíció szerint a kiindulási $\mathbf{X}^{(0)}$ képmátrix a $k=0$ generációt képviseli.

A növekedési modell sajátossága, hogy minden egyes MSC ciklust követően növekszik a “b” elemek alkotta β fázis összterülete az α fázis rovására. A növesztési algoritmus segítségével minden egyes $x(i,j)$ képelemekhez egyértelműen hozzárendelhető egy $\chi(8,S)$ jelű, un. 8-elemű, kvadratikus topológiai környezet. Ez utóbbi egy 3×3 -méretű, un. ablakmátrixszal (maszkkal) definált. A képmátrix (i,j) -edik rácspontjához tartozó 3×3 méretű részmatrixát az 1.a ábra mutatja, míg az 1.b ábra a megfelelő $\chi(8,S)$ jelű környezetet demonstrálja. Ez utóbbi centrumát Z_C jelöli, míg Z_1, Z_2, \dots, Z_8 rendre a környezet rácspontjainak pozícióját jelöli. Ebből adódóan a $\chi(8,S)$ környezetben összesen 8 rácsponti pozíció szerinti elrendeződésben találhatók “a” illetve “b” képelemek, és ezek maximálisan $2^8 = 256$ számú konfigurációban helyezkedhetnek el. (A Z_C centrum definíció szerint nem tartozik a környezet rácspontjai közé.)

$x(i-1, j-1)$	$x(i-1, j)$	$x(i-1, j+1)$
$x(i, j-1)$	$x(i, j)$	$x(i, j+1)$
$x(i+1, j-1)$	$x(i+1, j)$	$x(i+1, j+1)$

1.a ábra

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_C	Z_5
Z_6	Z_7	Z_8

1.b ábra

A növesztési szabály (algoritmus) matematikai megfogalmazásában alapvető jelentőségűek a P_C konfigurációs és a P_M mobilitási valószínűségi függvények. Származtatásuk a következő módon történik.

1. Tételezzük fel, hogy a képmátrix ciklusonkénti leszkenelése során valamennyi $x(i,j)$ képelem megfelelő $\chi(8,S)$ környezetében ismert a $(k-1)$ - edik MCS ciklusban létrejött “b” elemek aktuális száma és pozíciója. Jelölje η_A és η_D a $\chi(8,S)$ környezetben a centrummal 4-összefüggő illetve a centrummal diagonálisan összefüggő “b” elemek számát. Nyilván ezek összegére $0 \leq \eta_A + \eta_D \leq 8$ teljesül. A P_C un. konfigurációs valószínűséget - amely a kerület lokális görbületét hivatott figyelembe venni a növekedési folyamatban -, az η_A és η_D elemek függvényeként számítjuk az alábbi képlet szerint:

$$P_C = \eta_v / (1 + \eta_v) \tag{1}$$

ahol

$$\eta_v = C_1(\eta_A) + C_2(\eta_D) \tag{2}$$

az “a” képelemek virtuális száma a $\chi(8,S)$ környezetre vonatkozóan. A négyszomszédos és a diagonális környezeti képelemek számából és lehetséges pozíciójából adódik, hogy a konfigurációs valószínűségi függvény értékészlete egy 25 elemű véges halmazzal reprezentálható. A C_1 és C_2 nemnegatív konstansok, amelyre a $0 \leq C_1, C_2 \leq 1$ korlátfeltételek teljesülnek. Itt jegyezzük meg, hogy a szimulációs modellben $C_1=1$ és $C_2=0,556$ konstans választással éltünk, ugyanis tapasztalataink szerint az izotróp és körszimmetrikus csíranövekedés követelménye ekkor érvényesül a leghatékonyabban.

2. A mobilitási P_M valószínűség, amely a hőmérséklet hatását hivatott figyelembe venni a β fázis növekedési sebességére nézve, az alábbi formulával számítható:

$$P_M = \exp[-E/(R\Delta T)] \tag{3}$$

ahol E folyamat látszólagos aktiválási energiája ($E=100$ J/mol), $R = 8.314$ J/(molK), ΔT az egyensúlyi hőmérséklettől mért eltérés mértéke, Kelvin-ben. Megjegyezzük, hogy a (3) formulának konkrét fizikai ill. kinetikai tartalom nem tulajdonítható, választását kizárólag a geometriai modellezés szempontjai indokolták.

3. A konfigurációs és a mobilitási valószínűségekből kiindulva a β fázis növesztési algoritmus az alábbiakban fogalmazható meg: A k-adik szkanelési ciklusban az $x(i,j)$ képelem helyére P_g valószínűséggel “b” képelem kerül, ha ugyanitt a (k-1)-edik ciklusban előzőleg “a” elem volt. Az (1 és 3) formulák felhasználásával a P_g növekedési valószínűséget a

$$P_g = P_C P_M = \begin{cases} 0 & \text{ha } \eta_v = 0 \\ \exp\left[\ln\left(\frac{\eta_v}{\eta_v + 1}\right) - \frac{E}{R\Delta T}\right] & \text{ha } \eta_v > 0 \end{cases} \quad (4)$$

szorzat típusú képlettel definiáltuk.

A sztochasztikus növekedési modellre alapozott szimulációs vizsgálatok

A sztochasztikus modellre alapozott szimulációs kísérletek alapvetően a következő problémák tanulmányozására irányultak:

- i. Az izotróp és körszerű egyedi részecskenövekedés feltételeinek tisztázása.
- ii. Az növekedési folyamat kinetikájának elemzése: nevezetesen a β fázis növekvő y területhányadának vizsgálata az MCS ciklusszám függvényében, különös tekintettel a kiindulási N_0 csíraszám és a ΔT hőmérséklet paraméter függvényében.
- iii. A sztochasztikus modellel valamint a 2-dimenziós JMAK kinetikai modellel kapott predikció eredményeinek összehasonlítása, a csíranövekedés lineáris sebességének becslése alapján.

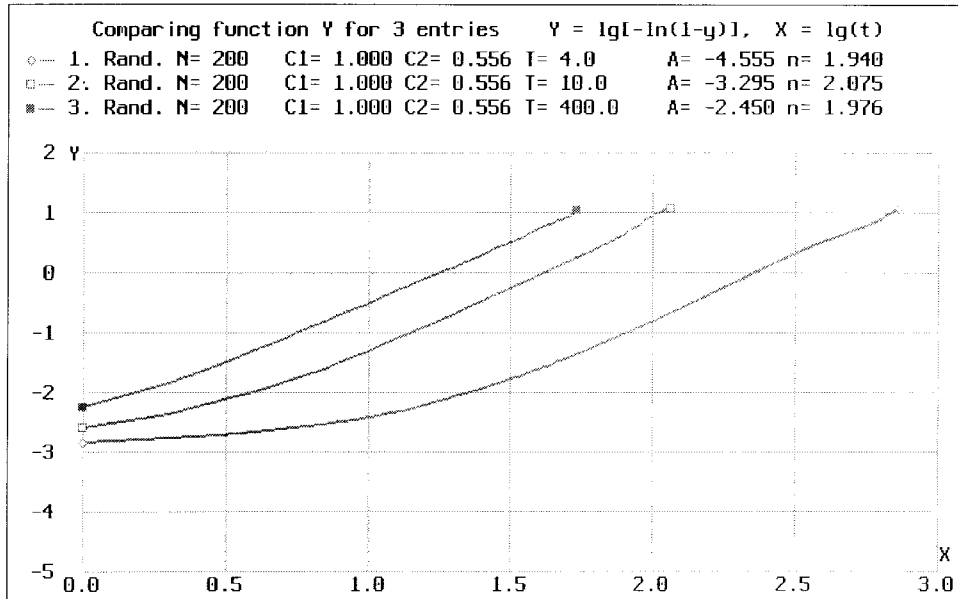
Következtetések

A vizsgálatok céljára C++ nyelven írt számítógépes programot fejlesztettünk ki, amely maximálisan 400x400 méretű képmátrix felhasználásával valós idejű szimulációs kísérletek elvégzésére kínál sokoldalú lehetőséget. Az ún. “befagyasztott csírák” kiindulási N_0 száma, mint input adat 1 és 10000 között tetszés szerint választható. A vizsgálatok részben egyetlen csíra növekedésének analizésére ($N_0 = 1$ eset) irányultak, részben pedig Poisson valószínűségi mező generálásával ($N_0 = 1 - 10000$) történtek.

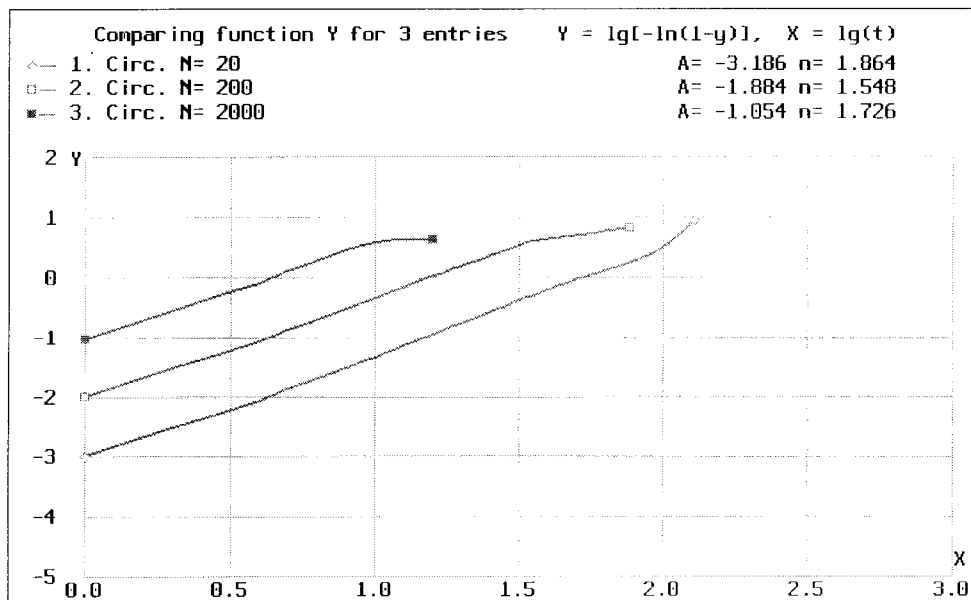
A kísérletekből levont legfontosabb következtetések az alábbiakban összegezhetők:

1. Alaktényzők felhasználásával igazoltuk, hogy a $C_1=1$ és $C_2=0,556$ konstansok választása esetében az egyedi részecskék szimulált növekedésekor izotróp és körszerű alakzatok jönnek létre.
2. A növekedési kinetikák összehasonlításának megkönnyítésére, az MCS ciklusszám és az y kumulatív területhányad felhasználásával új, logaritmikus transzformációval nyert $X=\lg(\text{MCS})$ és $Y=\lg(-\ln(1-y))$ változókat definiáltunk. Ezen transzformált változók koordináta-rendszerében ábrázolva a számítások eredményeit, amelyek egy $Y=A+nX$ egyenessel közelíthetők, összehasonlítottuk a 2-dimenziós JMAK féle klasszikus modellt a sztochasztikus modellel (2-3.ábrák). Azt tapasztaltuk, hogy a JMAK modell esetében a diszkrét szimulációval kapott n_A Avrami exponens az 1.5-1.9 intervallumba esik, ez némileg kisebb mint az elmélet szerint várható $n_A=2$ érték. Másrészt ugyanezen koordináta rendszerben elemezve a sztochasztikus modell alapján generált adatokat, a becsült növekedési exponensre $n_S=1.8 - 2.1$ közötti értékek adódtak, (többféle, eltérő N_0 kiindulási csíraszámmal valamint ΔT hőmérsékleti paraméterrel végezve a szimulációt).
3. Bár mobilitási P_M valószínűség értelmezése fizikailag nem megalapozott, ennek ellenére azt tapasztaltuk, hogy a sztochasztikus modell a ΔT hőmérséklet-különbség hatását a növekedés kinetikáját tekintve “lényegében azonos módon” veszi figyelembe mint a klasszikus JMAK elmélet, azaz ΔT nagysága szinte kizárólag a csíranövekedés sebességét befolyásolja, vagyis az $Y=A+nX$ egyenletben az A konstans nagyságát. Következésképpen a ΔT hőmérséklet paraméternek, amelyet 4

és 400 K között változtattunk, úgy tűnik, nincs számottevő hatása az n_g exponens értékére. Ez utóbbi, mint már említettük, az 1.8 - 2.1 intervallumba esik.

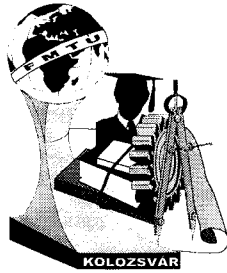


2.ábra Szimulációs vizsgálatok X-Y koordináta rendszerben feltüntetett eredményei sztochasztikus modell esetében. A változtatott paraméter a ΔT .



3.ábra Szimulációs vizsgálatok X-Y koordináta rendszerben feltüntetett eredményei két dimenziós JMAK modell esetén. A változtatott paraméter az N_0 .

dr Réti Tamás, BDMF 1081 Budapest, Népszínház u. 8
E-mail: RETI@ZEUS.BANKI.HU



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Kerámiaszemcsék diszpergálása lézeres felületötvözésnél

Bitay Enikő

Abstract

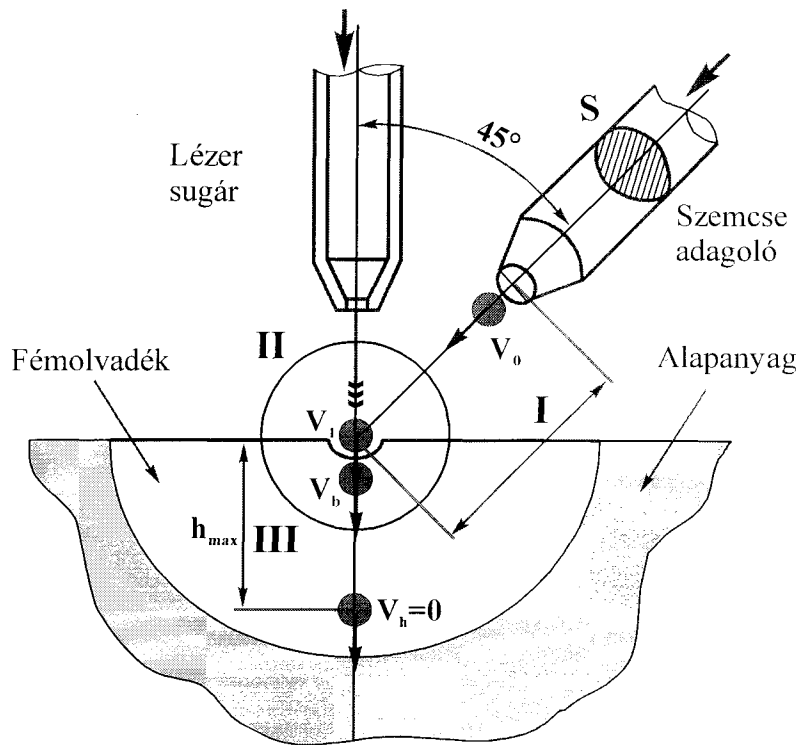
The surface treatments using laser had a very dynamic development in the last period, when high power lasers were used. These technologies tend to improve the hardness and the metals resistance to wear and to corrosion. By injecting solid alloying particles in the surface layer, one can obtain very hard layers, with a high resistance to wear. The present work aims to analyse the dispersion process of the solid particles, by moving a spherical particle, from the feeding-nozzle outlet, to the penetration of the melted surface (by the laser beam) and then its path in the metal bath.

Bevezetés

A nagy sugárteljesítményű lézerek megjelenése előidézte a különböző lézeres felületkezelések rohamos fejlődését. Ezek a technológiák a felület keménységének növelését, kopásállóságát valamint korozióállóságát eredményezik. Rendkívül kemény, kopásálló réteget lehet létrehozni kerámiaszemcsék diszpergálásával. A technológia lényege, hogy a lézerrel megolvasztott felületi rétegébe olyan anyagot (vegyületfázist, például: fémoxidot, karbidot, nitridet stb.) juttatunk, mely egyáltalán nem, vagy csak részben oldódik a fémolvadékban. E tanulmány célja eme szemcsék útjának vizsgálata (az adagoló fejtől az olvadékba merülésig).

A részecskék diszpergálásának folyamata

Az átolvasztott felületre került szemcsék le kell, hogy győzzék a felületi feszültséget, s behatolva az olvadékba, ennek teljes tömegében egyenletesen kell eloszlódniuk.



1. ábra A szemcse diszpergálásának fázisai

Elvileg a részecskék diszpergálásának folyamata három fázisra bontható (1. ábra):

- I. a részecskék útvonala az adagoló fejtől a lézerrel átolvasztott felületig;
- II. a részecske behatolásának lehetősége a fémolvadékba;
- III. a részecske merülése (haladása) a fémolvadékban.

A levezetés során gömb alakú, idealizált részecskét vizsgálunk.

I. Fázis

A részecskék diszpergálásának folyamata tulajdonképpen attól a pillanattól kezdődik, hogy kilép az adagoló fejből az Ar gázsugárral együtt. A fémolvadék felületéig megtett utat gyakorlatilag ugyanazzal a sebességgel teszi meg, mellyel az adagolócsőben is rendelkezett.

Ez a sebesség meghatározható ismervén az adagolócső keresztmetszetét, illetve az Ar gáz hozamát, mely a szemcséket magával hordozza. Ha eltekintünk az adagolócsőben fellépő sűrűlódástól, akkor a szemcsék sebessége azonosnak tekinthető a teljes keresztmetszetben, így az adagolóból kilépett szemcse sebessége a következőképpen számítható ki:

$$v_0 = Q/S = v_1,$$

melyben

- v_0 – az adagolócsőből kilépő szemcsék sebessége [m/s],
- v_1 – a fémolvadék felületére érkező szemcsék sebessége [m/s],
- Q – a hordozó gáz hozama [m^3/s];
- S – az adagolócső keresztmetszete [m^2].

II. Fázis

A folyamat második fázisában megvizsgáljuk a fémolvadék felületére érkező szemcsék behatolásának lehetőségét. A részecskéknek szükségük van egy adott kinetikai energiára ahhoz hogy a bemerüléskor legyőzzék a határfelületi energiát. A szemcse bemerüléshez szükséges energia [1]:

$$\Delta E_s = \sigma(T) * \Delta S ,$$

ahol: $\sigma(T)$ - a felületi feszültség a hőmérséklet függvényében,

ΔS - a gömb felülete (behatolás esetén),

$$\Delta S = 4\pi r^2,$$

r – a gömbalakú részecske sugara.

A részecske fémolvadékba való behatolásának feltétele az, hogy ez az energia kisebb vagy egyenlő legyen, a szemcse saját kinetikai energiájánál, azaz [1]:

$$\Delta E_s < E_{kin} ,$$

ahol E_{kin} - a részecske kinetikai energiája, mely a következőképpen határozható meg:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * m * v_1^2 ,$$

melyben $m = \rho_s * V_{gömb} = \rho_s * \frac{4}{3} * \pi * r^3$,

m - a részecske tömege;

ρ_s - sűrűsége;

$V_{gömb}$ - térfogata.

Végül:

$$r > (6 * \sigma(T)) / (\rho_s * v_1^2) .$$

Tehát a minimális sugarú szemcse, mely még behatolhat a fémolvadékba v_1 sebességnél:

$$r_{min} = (6 * \sigma(T)) / (\rho_s * v_1^2) .$$

Az ennél nagyobb sugarú szemcsék tehát könnyebben hatolnak a fémolvadékba.

Figyelemre méltó a szemcse sebessége v_1 is, melynek szintén nagy hatása van a behatolási feltételre. Ez a sebesség befolyásolható a szemcsét hordozó gáz hozamának változtatásával.

A fémolvadékba behatolt szemcse sebessége (v_b) meghatározható a behatolás során elveszített mozgási energia segítségével:

$$\Delta E_s = \sigma(T) * \Delta S ,$$

$$\Delta E_{kin} = m/2 (v_1^2 - v_b^2) ,$$

$$\Delta E_{kin} = \Delta E_s ;$$

$$m/2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * \Delta S ;$$

$$\rho_s * V_{gömb} / 2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * 4\pi r^2 ;$$

$$\rho_s * \frac{4}{3} * \pi * r^3 / 2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * 4\pi r^2 ;$$

Végül:

$$v_b = (v_1^2 - 6 * \sigma(T) / \rho_s * r)^{1/2} .$$

A felületi feszültség értékét ($\sigma(T)$) befolyásolja a lézersugár teljesítménye, geometriai alakja, mérete, intenzitás-eloszlása és pásztázó sebessége; mindezek a paraméterek nagy hatással vannak a fémolvadék felületi hőmérsékletére. Nyilvánvaló, hogy a fémolvadék magasabb hőmérséklete a szemcsék könnyebb behatolását eredményezi.

III. Fázis

Ebben a részben megvizsgáljuk a szemcse behatolási mélységét.

Az ellenállási erő egy folyékony közegben egy gömb alakú részecske relatív mozgásánál a következő képpen írható le (Stokes törvénye szerint) [2]:

$$F_r = 6 * \pi * r * \eta * v_r ,$$

ahol: r - a részecske sugara;
 η - a fémolvadék dinamikai viszkozitása (súrlódási együtthatója);
 v_r - a szemcse relatív sebessége a fémolvadékban.

Ahhoz hogy meghatározzuk egy szemcse behatolási mélységét a fémolvadékba, amely a behatolás után v_b sebességgel rendelkezett, feltételezzük, hogy ennél a mélységnél a sebessége nullára esik ($v_h = 0$), azaz:

$$v_h^2 = v_b^2 - 2 * a * h_{max} = 0 ,$$

ahol a gyorsulás:

$$a = Fr / m ,$$

$$a = (9 * \eta * v_p) / (2 * r^2 * \rho_p) .$$

Tehát

$$h_{max} = (v_b^2 * r^2 * \rho_p) / (9 * \eta) .$$

Elmondható, hogy egy szemcsének a behatolási mélysége függ a szemcse sebességétől, sugarától és a fémolvadék viszkozitásától is. Ugyanakkor a fémolvadékban keletkező konvektív áramlások is befolyásolják a szemcsék mozgását az olvadékban.

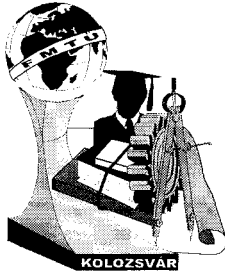
Következtetés

Az ismertett elmélet, gyakorlati alkalmazása esetén, lehetőséget nyújt lézeres felületötvözésnél (kerámiaszemcsék diszpergálásával) a megfelelő paraméter-kombinációk kiválasztására, különböző alapanyagok és kerámiaszemcsék esetén, mely a felületi réteg kívánt tulajdonságainak eléréséhez vezet.

Irodalom

- [1] *A. Gasser, E.W. Kreuz, W. Krönert, K. Lohmann, K. Wissenbach, C. Zografou*: Dispersion of hard particules in light alloys with CO₂ laser radiation, Surface Treatments of Aluminium, ECLAT'90, pg. 651-653.
 [2] *F. Oprea, D. Taloi, I. Constantin, R. Roman*: Teoria proceselor metalurgice, E.D.P., București, 1978, pg. 508.

Bitay Enikő, doktorandus a Kolozsvári Műszaki Egyetemen;
 Munkahely: Tehnofrig Rt, Kolozsvár; E-mail: bitay@tehnofrig.ro.



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Karbidporok diszpergálásának vizsgálata acélban, CO₂-os lézer felületötvözésénél

Bitay Enikő

Abstract

In case of the surface treatment technologies using laser with injection of hard particles in the melting bath, the particles have to penetrate the surface of the bath and to be homogeneously distributed in the whole melting. There were carried out experiments, using carbide particles (WC, TaC, NbC) which were dispersed by means of the CO₂ laser in an OLC 15 steel. These particles were injected in the metal bath as powder, by means of a carrying gas (Ar). The results of this process were evaluated taking into consideration different specific technological parameters (speed of the beam, powder feeding speed).

Bevezetés

A lézeres felületi ötvözés különböző eljárásait, valamint ezek eredményeit számos publikáció tökrözi. Keménység és kopásállóság növelését értek el, például: lézeres ráolvasztással (cladding), lágyacélban, Fe-Cr-W-C porkeverék alkalmazásával [1]; lézeres szemcsediszpergálással, ötvözetlen acélban, CrB₂ porbefűvéssel [2]; vagy TiC porbefűvéssel [3].

A különböző technológiai eljárások, illetve ezeknek megfelelő számos paramétereinek jól megválasztása lehetőséget adhat a kívánt felületi tulajdonságok kialakításához.

Kísérletek

A lézeres diszpergálást a budapesti Bay Zoltán Anyagtudományi Intézet (BayATI) laboratóriumában végeztük egy TRUMF gyártmányú TLC105 típusú, maximum 5kW teljesítményű CO₂ lézerrel és Sulzer Metco gyártmányú Twin 10 típusú poradagolóval. Vizsgálati alapanyagként C15-ös betétben edzhető acélt, valamint a diszpergáláshoz karbid porokat (WC-ot, TaC-ot illetve NbC-ot) használtunk, melyek

hatásáról a szakirodalomban is találtunk információkat (szerszámacél bevonatolása esetén) [4]. Előzetes kísérletsorozatban (egyszerű felületátolvasztásnál) meghatároztuk a sugárteljesítmény legkedvezőbb értékét: 3kW, mely megfelelő átolvasztott mélységet biztosított ennél az acéltípusnál [5]. Változó paraméterként a következőket tűztük ki.

- a lézer pásztázó sebességét: 300...700 [mm/perc] és
- a szemcse adagolását: 1...3.25 g/perc.

A fémolvadékba diszpergált karbidok előzetes vizsgálata

A karbidporok szemcse-mérettartományát (ekvivalens körátmérők) előzetesen lemértük, majd meghatároztuk a minimális sugarú szemcse méretét (r_{min}), mely még behatolhat a fémolvadékba, adott v_1 beérkezési sebességnél; a behatolás utáni sebességet (v_b) és mélységet (h_{max}). A számításokat a [6]-ban összefoglalt elmélet alapján végeztük, a részeredményeket (átlagsugarú szemcsék értékeit) az 1.táblázat tartalmazza.

1.táblázat

	v_1 [m/s]	r_{min} [μ m]	v_b [m/s]	h_{max} [μ m]
WC		0.72	24.58	47.69
TaC	30.7	0.8	20.81	20
NbC		1.48	29.76	4371

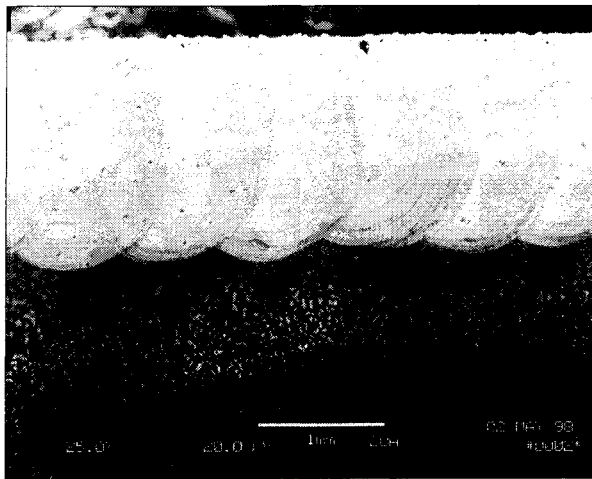
Megállapítható, hogy mindhárom karbid típus esetén az átolvasztott felületre került szemcsék elméletileg letudják győzni a felületi feszültséget, s behatolhatnak az olvadékba (a NbC akár 4.4 mm mélységig is eljuthat). A fémolvadékban keletkező konvektív áramlások nagymértékben hozzájárulnak ahhoz, hogy a karbidszemcsék eljussanak a kívánt mélységig, még akkor is, ha nem rendelkeznek az ehhez szükséges energiával.

Mérések és mérések

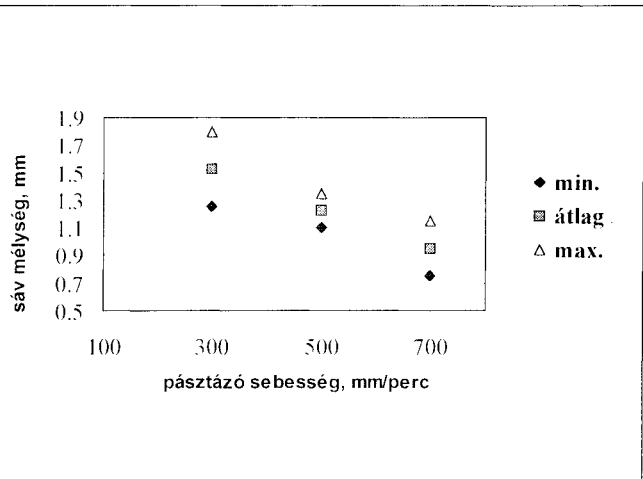
A kísérletsorozat kiértékelését a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet laboratóriumában végeztük. A kialakult felületi réteget keresztmetszetben vizsgáltuk AMRAY-1830 I típusú scanning elektronmikroszkóppal, majd Quantimet 570C típusú automatikus képelemző berendezés segítségével meghatároztuk a karbidok mennyiségét és eloszlását a létrehozott felületi rétegben.

A mikroszkópi vizsgálatok igazolták az átolvasztás és gyors hűtés hatására kialakult szerkezet finomodását, valamint a fel nem oldott karbidszemcsék jelenlétét a rétegben (a TaC és részben a NbC esetében). A WC-os diszpergálásnál a karbidszemcsék viszont feloldódtak.

Az 1. ábra a TaC-al diszpergált acélpróba (átlapolt sávok) szerkezetét szemlélteti, míg a 2. ábra a sávok mélységét adja meg maximális karbidagolásnál, a pásztázó sebesség függvényében.

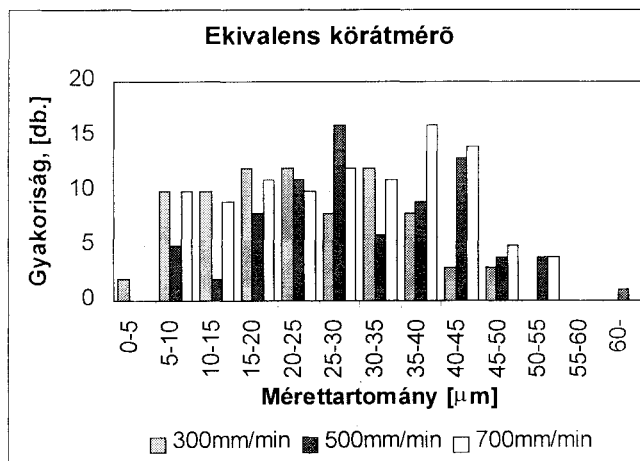


1. ábra TaC-al diszpergált próba keresztmetszeti szerkezete

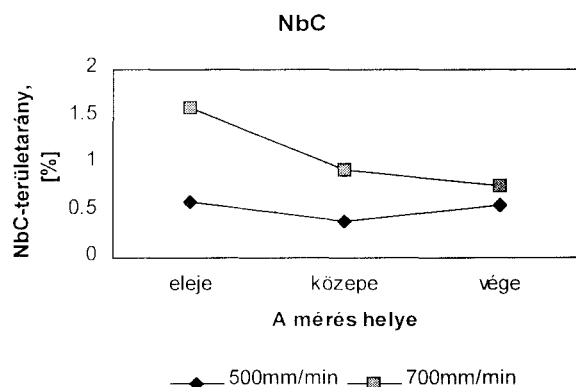


2. ábra TaC-al diszpergált próba átolvasztott mélysége a pásztázó sebesség függvényében

A kvantitatív metallográfiai vizsgálatnál meghatároztuk a részecskék területét, maximális és minimális átmérőjét, valamint alak tényezőjét. Méréseket a létrehozott sávok három részében végeztünk (elején, közepén, végén) [7], [8]. A 3. ábra a Ta karbidszemcsék ekivalens körátmérőinek mérettartományát mutatja be különböző pásztázó sebességeknél, a 4. ábra a Nb karbidok területarányát szemlélteti.



3. ábra Ekivalens körátmérő TaC-nál különböző pásztázó sebességnél



4. ábra Nb karbidok területaránya különböző pásztázó sebességnél

Kiértékelés

A mérések alapján a következőket lehet megállapítani:

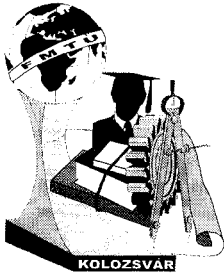
- (1) A diszpergált karbidokra elmondhatjuk, hogy a WC majdnem teljesen beoldódott, a NbC csak bizonyos paramétereknél oldódott be (kis adagolásnál, illetve kis pásztázó sebességnél);
A TaC mutattkozott a leginkább alkalmasnak arra, hogy intermetallikus vegyületként megmaradjon a felületi rétegben;
- (2) Az alkalmazott paraméterek mellett az ötvözött rétegben egyenletes karbideloszlás alakult ki (ott ahol nem oldódott be);
- (3) A pásztázó sebesség növelésével nagyobb méretű karbid szemcsék maradtak a felületi rétegben (3. ábra);
- (4) A pásztázó sebesség növelésével nőtt a fel nem oldott karbid szemcsék térfogataránya a kezelt rétegben (4. ábra);
- (5) A kezelés hatására növekedett a felületi réteg keménysége. Az alapanyag keménységéhez képest mintegy megduplázódott a kettős kezelés (átolvasztás, szemesebevétel) hatására a felületi keménység, melynek értéke természetesen a lézeres átolvasztás és a diszpergálás technológiai paramétereitől is függ;
- (6) Ugyancsak a kettős kezelés hatására a keletkezett réteg vastagsága is jelentősen nőtt. Az egyszerű átolvasztásnál kapott 0.5...0.8 mm vastagsághoz képest [5], ez megduplázódott (2. ábra).

A szerző köszönetét fejezi ki Dr. Roósz András Professzor Úrnak, a kutatás irányítójának, valamint munkatársainak, a messzemenő segítő készségükért, támogatásukért.

Irodalom

- [1] **K. Komvopoulos**: *Effect of Processes Parameters on the Microstructure, Geometry and Microhardness of Laser-Clad Coating Materials*, Materials Science Forum, Vols. 163-165, 1994, Trans Tech Publications, pg. 417-422.
- [2] **G. Shafirstien, M. Bamberger, M. Langohr, F. Maisenhalder**: *Laser surface alloying of carbon steel and α -Fe with Cr_2B particle*, Surface and Coatings technology, 45, 1991, pg. 417-423.
- [3] **S. Ariely, J. Shen, M. Bamberger, F. Dausiger, H. Hugel**: *Laser surface alloying of steel with TiC*, Surface and Coatings Technology, 45, 1991, pg. 403-408.
- [4] **A. Schüßler**: *Microstructure and Properties of Laser Processed Composite Layers*, Institut für Materialforschung, Karlsruhe, pg. 287-292.
- [5] **E. Bitay, Dr. A. Roósz**: *Acélfelület keménységének növelése lézeres felületátolvasztással*, FMTÜ, 1998, Kolozsvár, pg. 253-256.
- [6] **E. Bitay**: *Kerámiaszemcsék diszpergálása lézeres felületötvözésnél*, FMTÜ, 1999, Kolozsvár, pg. 169-172.
- [7] ***** Quantimet 570C Operators Manual**, Leica Cambridge Ltd., 1993.
- [8] **Zs. Csepeli, Z. Gácsi, P. Bárczy**: *Investigation of distance by image analyzer*, Acta Stereologica, vol. 14, 1995, pg. 147-155.

*Bitay Enikő, doktorandus a Kolozsvári Műszaki Egyetemen;
Munkahely: Tehnofrig Rt, Kolozsvár; E-mail: bitay@tehnofrig.ro*



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

ANALITIKUS MODSZER A HÁTRAKÖSZÖRÜLT CSIGAMAROK PONTOSSÁGÁNAK NÖVELÉSÉRE

Mosoni Tibor

SUMMARY

This work represent a simple method to optimize the geometry of the worm hob, wich can reduce the profile errors with approx. 50 %.

BEVEZETES

Ismeretes, hogy forgásfelület alaku köszörűkoronggal a kupos csavarfelületű munkadarabok többsége pontosan nem köszörülhető meg. A csigamaró oldalhátfelületének pontos megmunkalása a csigaatmerő-változasabol eredő fogoldalgörbület-változassal együttjaro kapcsolodasi görbe változast követő, a fogarokban valo előtolasa közben profiljat változtato korongot igényelne. Ennek a problemanak megoldasara a szakirodalom ket modszert javasol:

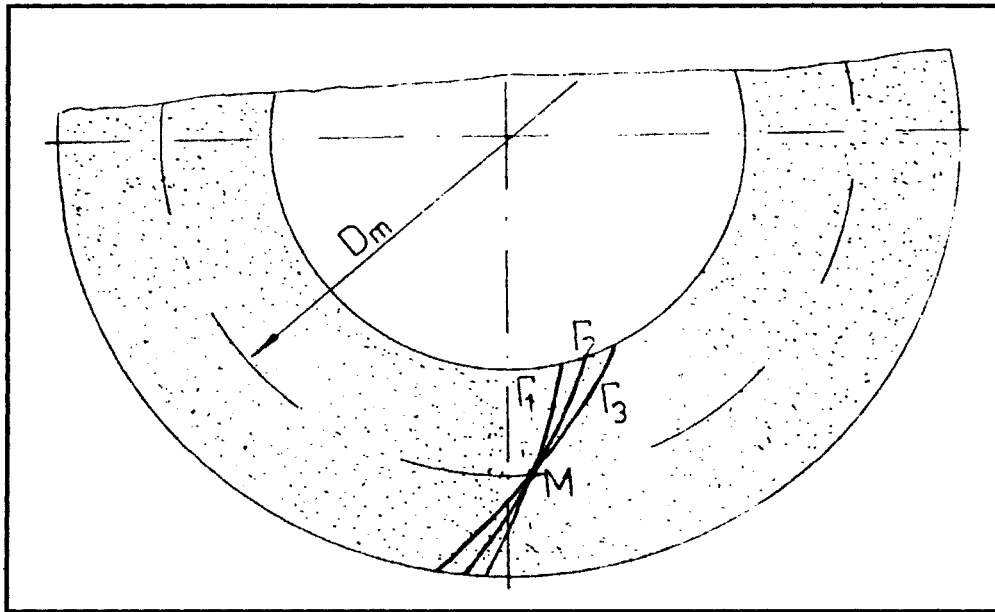
-a [1] dolgozatbol ismert olyan CNC vezeresű köszörűgep-korongszabalyzo berendezes integralasaval létrejövő együttes es alkalmazasara vonatkozó eljárás, mely a készülendő hajtoclem irant nem tamaszt specialis kialakításra vonatkozó elvarast, hanem a munkadarab köszörülendő felülete által a köszörűkorong köszörülés közbeni folytonos alakváltozasa irant tamasztott igényt a köszörűkorong köszörülés közbeni folytonos szabalyozasaval es- szükség esetén- a korong helyzetének egyidejű utanallitasaval elegiti ki. Ez az eljárás vegtelen gyors szabalyzomozgas esetén az elmeletileg helyes munkadarab-felületet allitana aló, gyakorlati szabalyzomozgas-sebessegeknel pedig a munkadarab előirtfelületi erdessegenek nagysagrendjebe eső, de elvileg közelítő megoldast ad. Az eljárás hatranya, hogy nagyobb korongelhasznalast jelent es alkalmazasakor nem használhatok a legmodernebb egyszemcsesoros köszörűkorongok.

- a [2] dolgozatbol ismert köszörűgep, melynek reszekent olyan köszörűkorongot alkalmaznak, amelynek működőfelülete a munkadarab köszörülendő felületének olyan konjugalt lekepezesekent tekinthető,

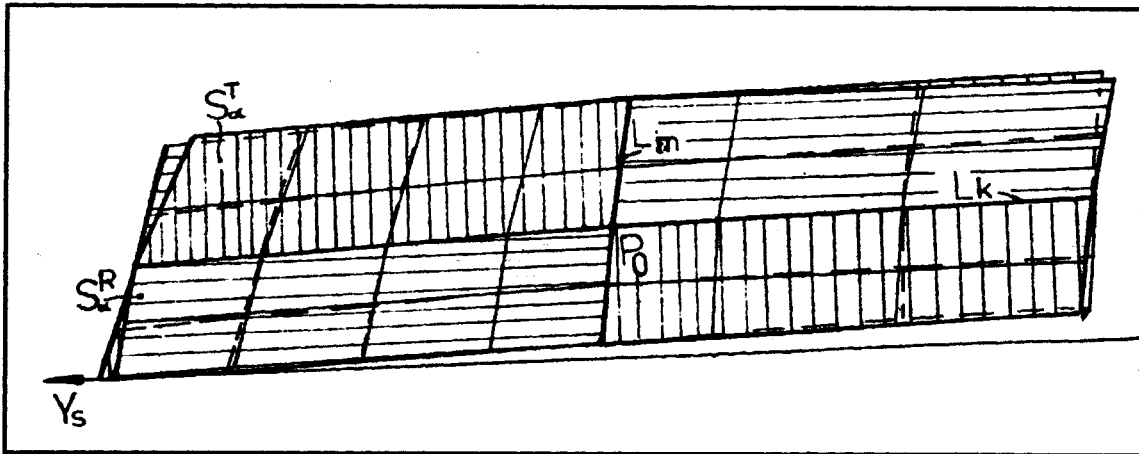
melyet a munkadarab és a köszörűkorong saját tengelye körüli forgatásból nyerünk. Egy ilyen korong működőfelülete az alkalmazott relativ mozgásoktól függően sokféle lehet, emlékeztethet egy Reishauer-fele csigakorongra, vagy egy toroid hajtóelemre is. Az eljárás hátránya, hogy gyakorlatilag csak kupos csigák elméletileg pontos megköszörülésére alkalmas.

A KÖSZÖRÜLÉSI FELADAT MEGOLDÁSA

A következőkben az ismert eljárások hátrányainak nagy részét kiküszöbölő, az oldalhatfelület nagy pontosságú megköszörülésére alkalmas aljarast ismerhetünk meg. A módszer lényege, hogy a hatraköszörülés (hagyományos csigaköszörűgép, forgásfelület alakú köszörűkoronggal) nem archimedeszi spirál, hanem olyan sajátos görbe után történik, hogy minimalis legyen az érintkezési vonalváltozás (a köszörűkorong és az oldalhatfelület között) az oldalhatfelület egész hosszan (1. ábra). Gyakorlati számításokból arra a következtetésre jutottunk, hogy a köszörűkorong közepatmerőjének azon pontja amelyik érintkezési pontja a P_0 -nak (2. ábra), állandó érintkezési pont kell legyen, így az elméleti S és gyakorlati oldalhatfelületek S nem csak az LK [4.] görbe, hanem az L_m görbe mentén is metszik egymást (minimalizálódik a felületek elterése).



1. ábra Az elérhető legjobb érintkezési vonalak a köszörűkorong felületén



2.abra Elmeleti es gyakorlatban kivitelezhető oldalhatfelületek

A hatraköszörülési görbe kiszámításának első pontja, hogy kiszámítjuk azt a korongprofilot amelyik lekepezi az LK görbet (2. abra) egy adott radialis elötolasra [4]. Behelyettesítve az M pont normalisait a kapcsolodas egyenletebe, a számítogepes gyakorlatban jól ismert közeliteses módszerrel meghatározható (pontrol-pontra) az Lm görbe vagyis a keresett görbe.

Az ismertett eljárás legfőbb előnye:

- lehetővé válik egyszemcsesoros köszörűkorong alkalmazása
- kis korongelhasználás mellett biztosít nagy teljesítményt és tartós pontosságot
- CNC vezérelt köszörűgép hiányában [1] -a már klasszikusá vált köszörűgépeken az új eljárással köszörülve- több mint 50%-al növelhetjük a csigamarok pontosságát.

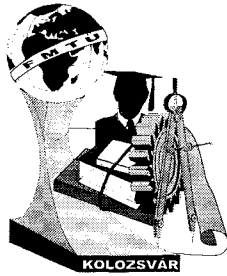
IRODALOM

- [1] Dudas, I. -Dudas, L.: CAD/CAM System for Geometrically Exact Manufacturing of Helicoid Surfaces International Conference on Engineering Design ICED Dubrovnik, 28-31. Aug. 1990., 1839-1846 ol.
- [2] Dudas, L.: Kúpos és globoid csigák elméleti pontosságú megköszörülésére alkalmas új köszörűgép-konstrukció GEP. 1992. 9-10. sz.GTE. Budapest. 33-35. ol.
- [3] Pfauter, H.: Pfauter Wälzfresen Springer - Verlag Berlin, 1976.262-275. ol.
- [4.] Gyenge,Cs.: Contributi asupra îmbunatatirii preciziei frezelor-melc pentru executarea angrenajului melcat duplex. U.T. Kolozsvár, 1979. 57. ol.

Mosoni Tibor, doktorandusz

Nagykarolyi Ardealul RT.

Tel:207, Csanálos (Urziceni) Szatmár megye



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Csoporttechnológia tervezésének számítógépes támogatása

Mezei Sándor

Mikó Balázs

ifj. Mezei Sándor

Summary

With the help of this program wrote on the computer we can search for the geometric parameters of an earlier produced part and this part's operational order. In the case of a new part, based on this it picks up the same or similar parts from the database and to these indicates the suitable operational order. In case of similarity solves the adaptation of the operational order scheme to new environments and then stores the modified data in the data base, enriching this database's content.

Bevezetés

Geometriailag és technológiailag hasonló alkatrészeket csoportokba foglalhatunk és legyártásukra csoporttechnológiát használunk.

Ennek alapján a kis és közepes nagyságú sorozatgyártást átalakítunk nagy sorozattá, felhasználva az előbbieket megmunkálásánál azokat az előnyöket, melyek az utóbbira jellemzőek a termelékenység, pontosság és minőség, megmunkálási költségek terén.

Mind ez elérhető adott körülmények között, a termelési felületek, eszközök és dokumentációk egyszerű átalakításával és felhasználásával, a rendelkezésre álló termelői és a termelést tervező, irányító és felügyelő erők megfelelő átcsoportosításával, minimális pénzügyi befektetés mellett.

A technológiai dokumentációk száma nagymértékben lecsökken. Azoknak tárolására, kikeresésére és időszakonkénti felújítására, optimalizálására, adaptálására a megváltozott körülményekhez nagy segítséget nyújt a számítógép, mely kapacitásában, teherbírásában és működési sebességében rég túllépte az emberi lehetőségek határait.

Az alkatrészek kód alakban való nyilvántartása biztosítja az azonos és a hasonló alkatrészek felismerését és azokhoz a típus- vagy csoporttechnológia hozzárendelését, kizárva annak a lehetőségét, hogy egyforma darabokat indokolatlanul, különböző műveleti sorrend alapján készítsünk.

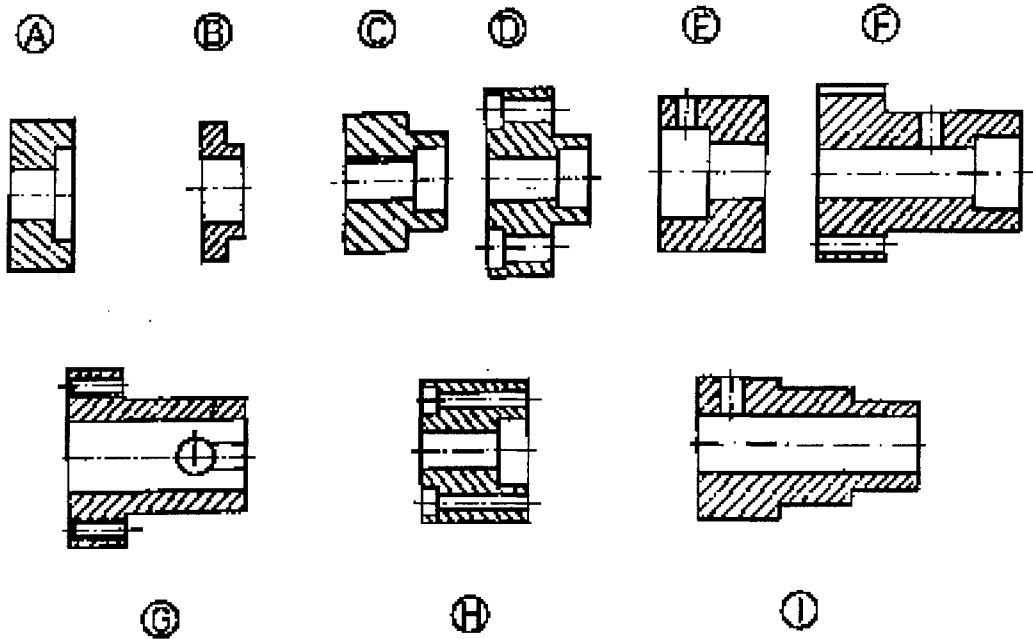
Csoporttechnológia

- alkatrészek osztályozása és kódolása
- alkatrészek csoportosítása
- komplex alkatrész tervezése
- csoport műveleti sorrend és műveletelem terv tervezése
- szerszámjegyzék és csoportos gépbeállítások tervezése
- csoportkészülékek tervezése.

A felsorolt tevékenységek tartalma és gyakorlati megvalósítása nagyon változatos. Léteznek nagyobb átfogóképességű megoldások, de gyakrabban használják az egy alkatrészosztályra

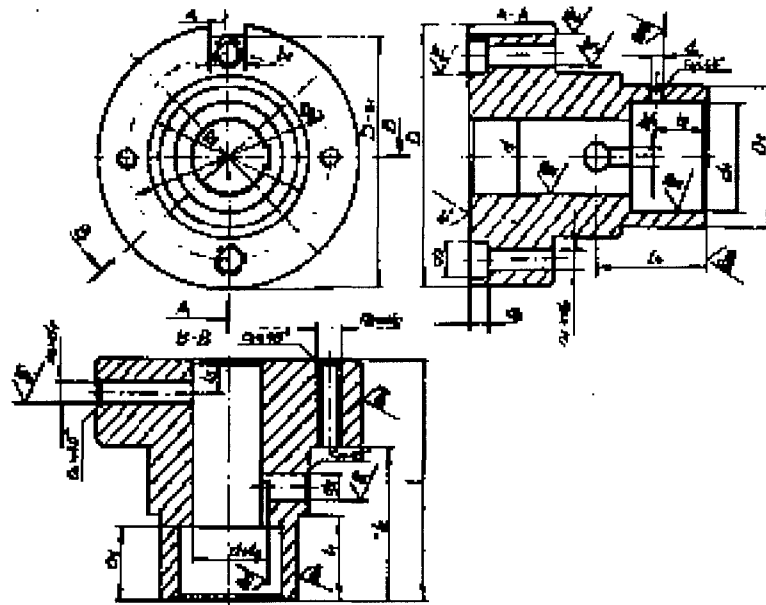
kidolgozott (forgástestek, szekrényalakú darabok, lemezszerű alkatrészek.stb) csoporttechnológiáját, de még ennél is kisebb alkalmazásokat (tengelyek, perselyek, fogaskerek csoporttechnológiája, stb).

Kutatásunk területe a perselyek csoporttechnológiája. Az 1.ábra különböző perselyeket tartalmaz, melyeket külső és belső hasonlóságuk alapján egy csoportba osztályoztunk.



1.ábra Egy csoporthoz tartozó perselyek

A közös és eltérő felületek és felületelemek alapján megterveztük a komplex alkatrészt (2.ábra), melyből bizonyos alkotó elemek megtartásával vagy elhagyásával megkaphatjuk a csoportot alkotó bármelyik alkatrészt.



2. ábra A perselycsoport komplex darabja

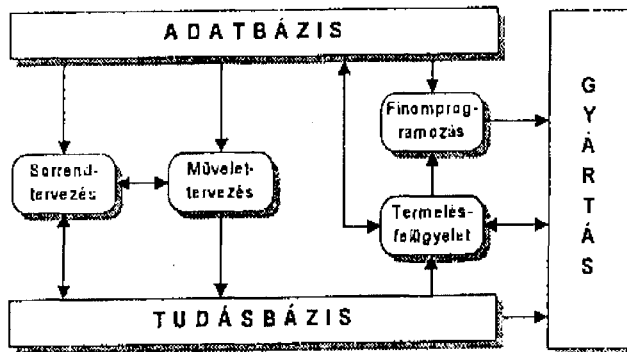
A műveleti sorrendterv és műveletelemek megtervezéséhez szükséges a *paraméter táblázat*, mely tartalmazza a reprezentatív alkatrész névleges és az alkatrészek valós méreteit. A felsorolt adatok alap-

10	Darabol	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Esztergál	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Oldalaz	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Fúr d- Δ d-re	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Furatesztergál d x l-re	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	Furatesztergál d ₁ x a ₁ -re	+	-	+	+	+	+	-	+	-
	Ferdít belül	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Palástesztergál D ₂ x l ₂ -re	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Palástesztergál D ₁ x l ₁ -re	-	+	+	+	-	+	+	-	+
	Ferdít kívül	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Leszúr l+ Δ l-re	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Esztergál	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Oldalaz l-re	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Palástesztergál D x l-l ₂ -re	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ferdít kívül	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ferdít belül	+	+	+	+	+	+	+	+	+

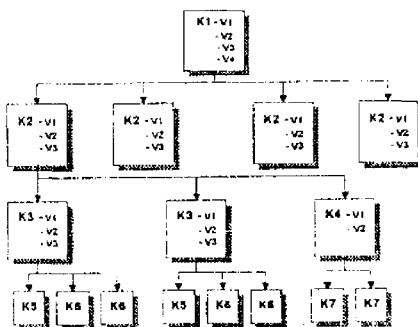
3.ábra Csoport-műveleti sorrend (részlet)

MŰFIPROG

A rendszert a BME Gépgyártástechnológia Tanszéken fejlesztették ki a gyártási folyamatok



4.ábra A rendszer blokkvázlata



5.ábra A kérdésgráf

dó kérdésgráfot igényel. A MŰFIPROG segítségével megvalósult a technológiai tervek gyors előkeresése, a hasonlóság mértékének megállapítása és a műveleti sorrend kézi adaptálása, valamint a

ján megterveztük az 1. ábrán bemutatott perselyek és a 2. ábrán bemutatott komplex alkatrész műveleti sorrendjét (3. ábra). Ez olyan kell, hogy legyen, hogy segítségével legyárthassuk bármelyik alkatrészt a csoportból. Egy adott alkatrész esetében a + jel a felsorolt művelet vagy műveletelem elvégzését jelenti, a - jel pedig annak a műveletnek vagy műveletelemnek az elhagyását. A felhasznált gépek, szerszámok, készülékek és eszközök, valamint a forgácsolási adatok, fő és mellékidők ismertetésétől hely hiányában eltekintettünk.

tervezésére és a termelés irányításának az automatizálására. A rendszer a 4. ábrán bemutatott modulokból épül fel. A csoporttechnológia szempontjából a sorrend- és a művelettervező modulja fontos. A modulok feladata a megmunkálási igények és módok meghatározása, a szerszámgépek kiválasztása, a műveletek behatárolása, a műveletek sorrendjének meghatározása. A rendszert sikeresen alkalmazzák az *esetalapú tervezésnél*, mikor egy új alkatrész tervezésénél felhasználják a már létező és megoldott eseteket, melyeknek módosítása kevesebb

erő-feszítéssel és rövidebb idő alatt megoldható, mint a kezdetektől kiindulva. A sorrendtervező program az alkatrész *technológiai kódját* használja, mely egy számsor, melynek egyes elemei egy-egy jellemző tulajdonságot reprezentál kódolt formában. A technológiai kódhoz tartozik egy *kérdésgráf* (5. ábra), mely segít összeállítani illetve értelmezni a kódot. A tervezőrendszer akkor használható hatékonyan, ha a kódrendszerrel a szükséges mélységig és megfelelő részletességgel tudjuk modellezni a gyártórendszerben előforduló munkadarabokat. Ebből következik, hogy minden gyártórendszer egyedi, a gyártmánystruktúrához igazo-

megoldott esetekkel az adatbázis folyamatos felfrissítése. A tovább fejlesztett változat tartalmazza a *variáns módszert*, mely a technológiailag és geometriailag azonos jellegű munkadarabok egy csoportjára olyan megoldást dolgoz ki, mely magába foglalja a csoport minden egyes tagjának az egyedi megmunkálását.

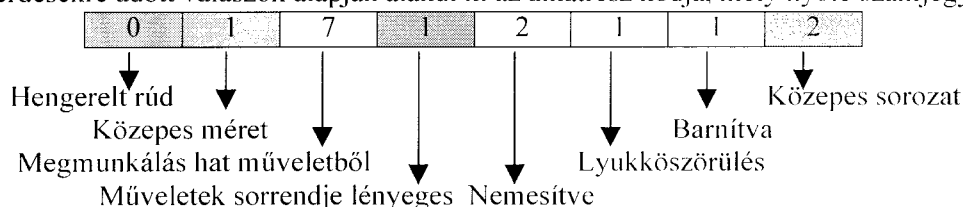
PERSELYEK CSOPORTTECHNOLÓGIÁJA ÉS A MŰFIPROG

A számítógépes program, melyet a BME-en fejlesztettek ki, minden szempontból megfelel a perselyek, de a mindenféle forgástest csoporttechnológia segítségével való megmunkálás tervezésére. A létező kérdésgráfot módosítottuk meg, hogy könnyebben alkalmazható legyen az alkatrészek sajátosságaihoz. A kérdéseket olyan sorrendbe használjuk, hogy azok segítségével áttekinthetőbb legyen a hasonló alkatrészek gyors kiválasztása és egy bizonyos csoportba osztása.

A kérdések a következő jellemzőkre vonatkoznak:

- K1. -az előgyártmány félesége 8 válasz
- K2. -a nyers darab mérete 3 válasz
- K3. -külső és belső felületelemek 10 válasz
- K4. -megmunkálási sorrend fontossága 2 válasz
- K5. -hőkezelés szükségessége 9 válasz
- K6. -külső és belső felület pontossága és minősége 8 válasz
- K7. -felületkikészítés szükségessége 4 válasz
- K8. -a gyártás tömegszerűsége. 5 válasz

A kérdésekre adott válaszok alapján alakul ki az alkatrész kódja, mely nyolc számjegyű:



A kódnak befestett számai fontosak az osztályozásnál és nagy mértékben befolyásolják a csoportosítást. A többi számjegyek lényegtelenek és pont ezek fontosak a csoportosításra. Hogy melyik szinten történik a csoport kiválasztása az a gyártmány tömegszerűségétől függ, mert korlátozó tényezőként hat az optimális sorozatszám. A számítógép, pontos találat esetén típus technológiát mellékel, hasonlóság esetén pedig csoporttechnológiát. Ezt, lehet kézzel adaptálni a konkrét esethez vagy a méretek és a kód alapján a számítógép automatikusan is adaptálhatja.

Irodalomjegyzék

1. **Mezei, S.** : Perselyek csoporttechnológiája, Gépészet '98, Budapest, 477-480 o.
2. **Mikó, B. Kutrovác, L. és dr. Szegh, I.** : Műveleti sorrendtervek készítése esetalapú tervezési elv alapján, MicroCAD '97, Miskolc, 1997 febr. 26-27
3. **Dr. Szegh, I., Mikó, B., Kutrovác, L.** : A technológiai előtervezésben alkalmazható tervezési módszerek, MicroCAD '98, Miskolc, 1998 febr. 25-26

Mezei Sándor, doktorandusz
Traian Vuia iskolaközpont, Marosvásárhely
Marosvásárhely, Béke u.41 sz. T 214511

Mikó Balázs, doktorandusz
Gépgyártástechnológiai Tanszék. BME
e-mail : miko@manuf.bme.hu

Ifj. **Mezei Sándor**, hallgató
Petru Maior egyetem, Marosvásárhely
e-mail : sanyi@el.uttgm.ro

SZERZŐK JEGYZÉKE

A		H	
<i>Adorján Gábor</i>	161	<i>Hegedűs Csaba</i>	37
		<i>Hojtsy Sándor</i>	165
B		I	
<i>Babcsán Norbert</i>	9	<i>Ilie Zudor Angyalka</i>	97, 101, 129, 141
<i>Balogh Gábor</i>	17	<i>Iványi Amália</i>	73, 77
<i>Baranyi Péter</i>	97		
<i>Bányai Tamás</i>	41, 45	J	
<i>Bányainé Tóth Ágota</i>	49	<i>Karolína JERGOVÁ</i>	153
<i>Dr. Bárczy Pál</i>	9	<i>Johanyák Zsolt Csaba</i>	25
<i>Bitay Enikő</i>	169, 173	K	
C		<i>Kádár Tamás</i>	29
<i>Prof.Dr.Cselényi József</i>	41, 45, 49	<i>Dr. Kiss Antal</i>	161
<i>Csernáth Géza</i>	61	<i>Kismihály János</i>	157
F		<i>Klementis Csilla</i>	117
<i>Fekete Tamás</i>	5	<i>Klementis Otto</i>	117
<i>Fülep Dávid</i>	133	<i>Dr. Kodácsy János Ph.D.</i>	17
<i>Füzi János</i>	53, 57, 77	<i>Kovács Árpád</i>	9
G		<i>Dr.Krállics György</i>	5
<i>Gál Gaszton</i>	117		
<i>Gurzó József</i>	85		

L		S	
<i>Liszkai Tamás</i>	69	<i>Somlai Gábor</i>	105
<i>Lór Ferenc</i>	17	<i>Stankóczi Zoltán</i>	145
		<i>Stefán Péter</i>	137
M		Sz	
<i>Majoros Zoltán</i>	89	<i>Dr. Szabó Ottó</i>	85
<i>Meiszterics Zoltán</i>	21	<i>Szabó Péter</i>	81
<i>Mihálcz István</i>	97, 101, 129	<i>Szabó Zsolt</i>	73, 77
<i>Mezei Sándor</i>	181	<i>Szatmári Szabolcs</i>	65
<i>Ifj.Mezei Sándor</i>	181	<i>Székely Gyula</i>	77
<i>Mikó Balázs</i>	181	<i>Szabó Zsolt</i>	73
<i>Monostori László</i>	129		
<i>Mosoni Tibor</i>	177		
<i>Jana MUDROŇOVÁ</i>	153		
P		T	
<i>Papp Ildikó</i>	9	<i>Tatár Levente</i>	5
<i>Patkó Marius</i>	93	<i>Telegdy Attila</i>	13
<i>Prezensky István</i>	109, 113	<i>Torkos Zoltán</i>	141
<i>Polák Helga</i>	33	<i>Tóth Lajos</i>	149
		<i>Dr. Tóth László</i>	121
R		Z	
<i>Dr. Réger Mihály</i>	1	<i>Vladimír ZVIRINSKÝ</i>	153
<i>Dr. Réti Tamás</i>	165		
<i>Rutz Antal</i>	125		