MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

II.

Erdélyi Múzeum Egyesület kiadványa

Kolozsvár 1997

EME

ISBN: 973-98092-2-7

Felelős kiadó: Sipos Gábor

Szerkesztő: Bitay Enikő

DOI: 10.36243/fmtu-1997.00

EME

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

II.

Rendezők:

Erdélyi Múzeum Egyesület

Kolozsvári Magyar Diákszövetség

Bolyai Társaság

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság

Kolozsvár
1997 március 21-22

ELŐSZÓ

Szívből örvendünk, hogy az Erdélyi Múzeum Egyesület Műszaki Szakosztályának sikerül immár másodszorra megrendezni a "FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKÁT"

A világon számos tudományos konferenciát rendeznek, azonban a kolozsvári FMTÜ abban különbözik a többi rendezvénytől, hogy a kisebbségben élő, anyanyelvükön gondolkozó és részben dolgozó fiatalok eredményeinek a bemutatását, az anyaországi kollégákkal való jobb megismerkedést tűzte ki céljául.

A tavalyi első konferenciánk fő célja az volt, hogy hagyományt teremtsünk. Egy olyan rendezvényre volt szükség, amelyik kifejezetten az erdélyi fiatal műszakiak tudományos tevékenységének bemutatásával és értékelésével foglalkozik.

Most, a második konferencián arra összpontosítottunk, hogy kapcsolatokat keressünk az anyaországi és a világ bármely részén élő magyar műszaki szakemberekkel. Szükségét érezzük annak, hogy az Erdélyben tanuló és dolgozó fiatalok bekapcsolódjanak az összmagyar műszaki kutatásba, hogy megismerjék az elért eredményeket, és hogy hozzájáruljanak fejlődéséhez. Rendezvényünknek egy másik jelentős célkitűzése, hogy megfelelő keretet biztosítson az Erdélyi Múzeum Egyesület ösztöndíjasainak a magyarországi egyetemeken és kutató intézetekben végzett munkájukról való beszámolóra, valamint az elkövetkezendőkben pályázóknak, az eddigi szakmai eredményeik és további tudományos terveik bemutatására-megvitatására.

Bízunk abban, hogy a rendezvény ideje alatt a fiatal szakemberek között kialakuló szakmai és személyes kapcsolatok jelentősen elő fogják segíteni az intézményszintű és a személyek közötti hatékony együttműködés kialakulását.

A jelen kötetbe foglalt, két plenáris előadás és a több mint 50 tudományos dolgozat, egy széles spektrumú, tág horizontú tudományos konferencia jelzései. A kötetbe csak azokat az előadásokat tudtuk bevenni, amelyek határidőre beérkeztek, és a felállított követelményeknek megfeleltek. Abban a reményben adjuk közzé ezt a kötetet, hogy a fiatal magyar műszakiaknak segít a további ismerkedésben, a sokoldalú szakmai és emberi kapcsolatok elmélyítésében.

Jodál Endre
az EME Műszaki Szakosztályának elnöke

Gyenge Csaba
a tudományos bizottság elnöke

50 éve történt...

Szerencsés véletlen, hogy az idei fiatal magyar műszaki kutatók kolozsvári tudományos seregszemléje egybe esik a romániai magyar felsőfokú műszaki oktatás 50 évvel ezelőtt Kolozsváron történt beindulásával. Sajnos rövid életű volt, alig 6 év után, az akkori államhatalom a magyar nyelvű műszaki felsőfokú oktatás megszüntetésével kezdte meg a magyar nyelvű egyetemi oktatás felszámolását.

Hogyan is indult el annak idején ez a felsőfokú műszaki oktatás a meglévő hivatalos dokumentumok tükrében és a személyes élményeim alapján, mint annak, aki ebben a munkában cselekvő részes volt.

A Magyar Népi Szövetség (MNSZ) vezetősége, mint a romániai magyar nemzetiség képviselője, 1945 közepén az Országos Tanügyi Bizottság (OTB) felméréseinek és tanulmányainak alapján, a magyar nyelvű oktatásra vonatkozó országos tervezetét a dr. Petru Groza miniszterelnök által vezetett demokratikus kormány elé terjesztette.

Ez magába foglalta a kibontakozó élet megteremtéséhez szükséges magyar nyelvű tanügyi hálózat egészét: óvoda, elemi, középfokú és főiskolai szintet.

Nem sokkal később kezdte meg tárgyalásait, az MNSZ megbízásából, egy széles körű, tanügyi szakemberekből álló küldöttség, dr. Nagy Géza professzor vezetése alatt, a Nemzetnevelésügyi Minisztériumban és a Közlekedés- és Közmunkaügyi Minisztériumban, amelynek jómagam is tagja voltam.

A bizottság igen eredményes munkát végzett. Ehhez nagy mértékben hozzájárultak a Nemzetnevelésügyi, Közlekedés- és Közmunkaügyi, valamint a Nemzetiségi Minisztériumok demokratikus magatartást tanúsító, vezető beosztású személyiségei, de nem kisebb érdeme volt dr. Nagy Géza professzornak, a küldöttség elnökének, akinek széleskörű látása és tudása, megnyerő tárgyalási modora, diplomatikus fellépése, tárgyilagos magatartása nagy tekintélyt biztosított a küldöttségnek. Az egy hétig tartó értekezletekről a román partnereink mindenkor az elismerés hangján emlékeztek vissza, a kölcsönös tisztelet, objektív magatartás és egyenjogúság jegyében folytatott, és eredményesen véget ért együttműködésről.

A küldöttség feladatköréhez tartozott a felsőfokú műszaki oktatás magyar nyelven való megszervezése, kezdetben almérnöki szinten.

Az OTB ajánlása alapján 1946 évben az MNSZ vezetősége úgy döntött, hogy a felsőfokú műszaki magyar nyelvű oktatás lépcsőzetes kiépítése érdekében megkeresi a Miniszterelnökséget, valamint az

illetékes minisztériumokat, és első lépésként két magyar tannyelvű almérnöki intézet létesítését kéri: Villamos- és Gépipari Almérnöki Intézet Kolozsváron, és Bányaipari Almérnöki Intézet Nagybányán.

A két intézet között, több szempont miatt, prioritása volt a kolozsvári almérnöki intézetnek. Elsősorban azért, mert a Miniszterelnökség már a 2868.sz. 1945 augusztus 2-án kelt rendelete értelmében a kolozsvári almérnöki intézet mellett magyar tagozat működését is elvileg jóváhagyta. Kezdeményezői az Országos MNSZ vezetősége és a Kolozsvárra visszatérő Almérnöki Intézet akkori igazgatója, Dragoş Traian mérnök voltak.

De a gyakorlati megvalósításig hosszú utat kellett megtenni. A kolozsvári román almérnöki intézet újonnan kinevezett igazgatója Alexandru Domşa mérnök, aki később az 1948-ban végrehajtott tanügyi reform után a kolozsvári Mérnökképző Intézet dékánja, majd 1953-tól műegyetemmé bővített intézet első rektora szívesen fogadta a magyar tannyelvű almérnöki tagozat létrehozásának gondolatát, azt felkarolta és minden segítséget megadott annak megvalósítása érdekében, úgy Kolozsváron a helyi hatóságoknál, mint a felettes hatóságoknál, a Közlekedés- és Közmunkaügyi Minisztériumnál (KKM), az Almérnöki Intézetek Igazgatóságának vezetőjénél, Bujor Stinghe igazgató, mérnök vezérfelügyelőnél, aki ugyancsak meleg pártfogásban részesítette az intézet létrehozásának gondolatát. Nehezen megoldható problémáknak ígérkeztek az előadói- és rajztermek biztosítása, a szükséges didaktikai, laboratóriumi és tanműhelyek berendezéseinek a beszerzése, valamint az új intézet költségvetési keretének beillesztése az állami költségvetésbe.

A tanári kar megszervezése könnyebb feladatnak látszott.

Az MNSZ felszólítására az elméleti tantárgyak előadására a kolozsvári Bolyai Egyetem kiváló tanári kara vállalkozott, a műszaki tantárgyak előadására pedig jelentős ismeretekkel, szaktudással és ipari tapasztalattal rendelkező mérnökök jelentkeztek.

Országunk magyar fiatalsága nagy érdeklődést tanúsított az új műszaki főiskola iránt. Ez a tény annak is köszönhető, hogy az MNSZ központi napilapja, a Balogh Edgár főszerkesztő által vezetett "Világosság" számtalan vezércikkben és más cikkekben hívta fel fiataljaink figyelmét a szakmai ismeretek minden szinten szükséges alapos elsajátítására, úgy a jelen, mint a közeljövő egyik fő feladatára.

Ifjúságunk elfogadta a jó tanácsokat és már az 1946-1947 tanévre kiírt próbajelentkezésre 170-en neveztek be.

A Miniszterelnökség keretében működő Nemzetiségi Minisztérium (NM) államtitkára, Camil Suciu, aki számtalan más esetben is tanúbizonyságot tett a romániai nemzetiségek egyenjogúsításának gyakorlati életbeni megvalósítása érdekében történő kiállásával, fáradhatatlan és eredményes munkálkodásával személyesen is közbelépett, a KKM vezetőségénél az önálló kolozsvári Almérnöki Intézet felállítása érdekében.

Camil Suciu államtitkár kezdeményezésére a KKM vezetősége értekezletet javasolt 1946. szeptember 13-ára, melyre elkísértem az MNSZ képviseletében megjelenő dr. Felszeghy Ödön

nemzetnevelésügyi államtitkárt, egyetemi professzort, a kiváló pedagógust és tudóst, az OTB akkori elnökét, aki országunkban egyik úttörője volt a kutatás-oktatás-termelés szoros összekapcsolásának és aki a magyar nyelvű műszaki oktatást minden szinten legmelegebben pártfogolta, előrelátva annak jövőbeli fontosságát. Felelősségteljes és sokoldalú elfoglaltsága dacára személyesen követte és irányította a magyar tannyelvű almérnöki intézetek felállításával kapcsolatos munkálatokat.

A dr.Felszeghy Ödön és Camil Suciu államtitkárok meggyőző érveléseinek következtében az értekezleten megállapodás jött létre, az önálló Kolozsvári Villamos- és Gépipari Almérnöki Intézet létrehozásában. Ennek érdekében a KKM 1946. szeptember 19-én kiadott 31827.sz. határozat értelmében kinevezte azt a bizottságot, melynek feladata volt tanulmányozni és javaslatokat tenni a Kolozsvári Villamos- és Gépipari Almérnöki Intézet mellett működő magyar tannyelvű tagozat alapítására és tanszemélyzet kinevezésére. A bizottság tagjai voltak: Alexandru Domşa, a kolozsvári Almérnöki Intézet igazgatója, Czikéli Ernő, a kolozsvári Almérnöki Intézet tanára, és Török Zoltán, egyetemi tanár a Bolyai Egyetemen, mint a MNSZ képviselője. Mivel a KKM nem tartotta be a szeptember 13-án létrejött megállapodást - az önálló intézet helyett csak tagozatot alapít a 31827.sz. határozata értelmében - az MNSZ-OTB újabb emlékirattal fordul a KKM vezetőségéhez (260.sz. 1946. október 3) és kéri a miniszteri rendelet módosítását oly értelemben, hogy az intézet önálló legyen és nem tagozat. Az e körüli tárgyalások több héten át tartanak, egyrészt a kérdés elvi tartalma miatt, másrészt a közbejött országos választások és az ezt követő új román kormány megalakulása, valamint a miniszteri tárcák átszervezése miatt.

Időközben a KKM által kinevezett bizottság október 15-ére elkészítette és előterjesztette javaslatait:

1. a helyiség kérdésében javasolja, hogy a kolozsvári román kereskedelmi leánylíceum adja vissza, az 1946-1947 tanévtől kezdve az almérnöki intézetnek azokat a tantermeket, amelyeket 1945 után jogtalanul elfoglalt, és amelyek 1940 előtt az almérnöki intézet használatában voltak. A következő tanévig (1947-1948) adja át az almérnöki intézetnek az egész épületet, mert ennek az épületnek eredeti célja iparoktatás. Ha az első lépcsőben visszaadandó tantermeket áthidalhatatlan nehézségek miatt nem lehet megkapni, rendeztessék be tanteremnek az almérnöki intézet géplaboratóriuma, amely ugyancsak a Gheorghe Bariţiu utca 25.sz. alatti épületben van elhelyezve. Ebben a laboratóriumban a gépek által el nem foglalt felületeket tanteremmé lehet kialakítani egy kisebb létszámú évfolyamnak;
2. a költségvetés biztosítása érdekében javasolja, hogy kéressék rendkívüli póthitel keret a pénzügyminisztériumtól.

Az MNSZ a KKM-hez küldött átiratában (1946. november 25) egyet ért az előadóteremnek a géplaboratóriumban való elhelyezésével, és mivel a Pénzügyminisztérium (PM) nem tudta biztosítani a póthitel keretet, a kinevezésre javasolt tanári kar lemond 1947. április 1-ig javadalmazásáról, annak érdekében, hogy az anyagi akadályokat is elhárítva a tagozatot 1946. december 1-ig hivatalosan is hozzák létre. Az MNSZ 1946. december 18-án újabb emlékirattal fordul a közlekedésügyi miniszterhez (új

főhatósága az Almérnöki Intézeteknek) és a Nemzetiség Ügyek Miniszteréhez (NÜM), sürgetvén a tagozat megnyitását és jelezve azt, hogy az almérnöki intézet magyar tagozatán tartandó felvételi vizsgára a beiratkozott 148 jelentkező egy tanulmányi évet fog veszíteni, ha nem történik sürgős döntés, mert már lekéstek a más egyetemekre való jelentkezési határidőt.

A választások és az újjáalakított kormány tárcáinak hatáskör-tisztázása után, a Közmunkaügyi Minisztérium (KM), mint az almérnöki intézetek új felettes hatósága, 1947. január 9-én válaszol a Nemzetiség Ügyek Minisztériumának. Véleménye szerint a tagozat megnyitását vagy el kell halasztani 1947 őszére, vagy tartassék meg igen rövid időn belül a felvételi vizsga, a vizsgát sikeresen letett hallgatók egy külön oktatási program keretében a román tagozaton végezzék el az első évi tanulmányaikat és majd az 1947-1948-as tanévben kerüljenek át a létesítendő új tagozatra.

A MNSZ 1947. január 21-iki válaszában ismerteti a KM-mel, hogy elvben egyet ért a második javaslattal, kiegészítve azt azzal, hogy a magyar tagozat beindításáig a külön oktatási program keretében az előadásokat a magyar tagozatra javasolt tanári kar tartsa, és minthogy a hallgatók nem ismerik jól a román nyelvet, az esetleg szükséges magyarázatokat magyar nyelven is elmondhassák. A magyar tagozat legkésőbb 1947. április 1-ével induljon be. Az ezt követő tárgyalások során a KM elfogadta az MNSZ és NÜM áthidaló javaslatait és 1947. február 27-28 és március 1-re meghirdette a felvételi vizsgát a jövendő magyar tagozatra. A felvételi vizsga anyaga a reál középiskola számtan és fizika anyaga volt.

A felvételi vizsgákat a kért időszakban (1947.II.27.-III.1. között) tartották meg.

A jelentkezésre szándékozókból időközben (hat hónap) sokan elhelyezkedtek az élet különböző területein. A felvételi vizsgát sikeresen tették le: Balogh János, Bocsárdi András, Feilitsch Róbert, Fodor István, Gyurka László, Hoch Sándor, Meisel Endre és Véber János hallgatók.

Az MNSZ-OTB a 204.sz. 1947.III.4-iki emlékiratával kéri a KM-et, hogy törvényesítse a magyar nyelv használatát a most induló párhuzamos évfolyamon, amely évfolyam a törvényes, hivatalos formák elintézése után magyar tagozat lesz. Az emlékirat másolatával fordul a NÜM-hoz, kérve közbenjárását a kérés kedvező elintézése érdekében.

Időközben az MNSZ 425.sz. 1947. február 28-án előterjeszti a KM-hez a magyar tagozat 1947 évre szóló költségvetését. A szükséges helyiségek a NM nemzetiségi oktatás államtitkára, dr.Felszeghy Ödön professzor március 7-iki közbelépésének eredményeként lépcsőzetesen biztosíttatnak, a kereskedelmi leánylíceum átadott egy helyiséget, és a következő tanév kezdetéig (1947. szeptember 1) átköltözött a számára kijelölt épületbe.

A tanítás megkezdésének előkészítésére 1947. március 15-én Kolozsváron összehívott értekezlet Stinghe Bujor - a KM műszaki oktatási igazgatóságának igazgatója - elnöklete alatt a tanítás kezdetét folyó év március 20-ára tűzte ki. Továbbá elhatározza, hogy az előadási nyelv magyar lesz, a tanév első féléve június 30-án fejeződik be, a második félév szeptember 30-án, a vizsgaszesszió október 1-15 között lesz.

Magyar nyelven az első műszaki főiskolai előadások 1947. március 20-án hangzanak el.

A sajtó (Világosság, 1947. április 2) fontos eseményként írja: "Demokratikus iskolapolitikánk újabb eredménye. Megnyílt a kolozsvári magyar tannyelvű villamos- és gépipari almérnöki iskola."

A magyar tagozat első évfolyamának hallgatói dicséretre méltó szorgalommal tanultak, a tanári kar hivatásának magaslatán látta el tennivalóját. Rövid idő alatt igen bensőséges, egymást tisztelő, segítő, megbecsülő hangulat és viszony alakult ki a román és magyar hallgatóság, valamint a tanári karok között. Az eredményes munka elérésében úgy didaktikai, mint politikai fronton oroszlánrésze volt Alexandru Domşa igazgatónak, aki az intézetet irányította.

Közben fel kellett készülni az almérnöki második évfolyamára. A "Monitorul Oficial" június 17-iki száma közölte, hogy a KM Károlyi Ferdinánd almérnököt a kolozsvári Gép- és villamosmérnöki almérnöki iskola magyar tagozatának aligazgatójának nevezte ki. Június 21-én újabb KM rendeltnek megfelelően 5 tanárt neveztek ki a magyar tagozatra: Imecs Márton matematika és építészmérnök tanárt az általános matematika, Papp Lajos tanár-festőművészt az ábrázoló geometria és rajz, Felszeghy Ödön dr egyetemi előadótanárt a fizikai és kémiai technológia, Jenei Dezső gépészmérnököt a mechanika és szilárdságtan, Czikéli Ernő gépészmérnököt a gépelemek és mechanikai technológia tanszékekre.

A magyar tagozat ténylegesen működött, miniszteri szinten el volt ismerve, de még nem kapta meg a törvényes jóváhagyást. Az akkor életben levő, almérnöki intézetek működési szabályzata előírása szerint (12.paragr), almérnöki intézeteket alapítani, megszűntetni vagy átszervezni a KM Fejlesztési Tanácsának véleményezése alapján (39.paragr), miniszterelnökségi jóváhagyás mellett, királyi törvényrendelettel lehet eszközölni. A Fejlesztési Tanács 1947. augusztus 5-én tartott ülésén elvben kedvezően véleményezi a tagozat létesítését, de véglegesítését csak akkor javasolja, ha az első évfolyamra legalább 30-an jelentkeznek.

Az 1947-1948 tanévben a magyar tagozatra 40 jelentkezőnek sikerült a felvételi vizsga. Közöttük volt: Akli Miklós, Berohn György, Dávid Albert, Eble Miklós, Égető Géza, Fábián Károly, Fejes István, Folticska Ferenc, Kaszanovits Anton, Kiss Ernő, Klima Alfréd, Nagy Pál, Nyerges József, Opre Lajos, Pussi János, Schef Tibor, Szász Ferenc, Székely György, Székely Miklós, Szotyori Ernő, Szűz László, Tamás István, Tóth Ferenc, Tóth Károly, Tóth Sándor, Varga Balázs, Várnay Zoltán, Veress Lajos és Vinkler Béla.

A magyar tagozat tanári kara is bővül. Az előző tanévben működő előadókon kívül az oktatásban részt vesznek: Bartha Miklós gépészmérnök, dr.Bereczky Tibor tanár, Hajdu Márton gépészmérnök, Koller Viktor gépészmérnök, dr.László Tihamér professzor, Maros Dezső gépészmérnök, Müller Géza gépészmérnök és Pallos István gépészmérnök.

Az 1947-48-as tanévre a magyar tagozatnak csak részben volt állami költségvetési fedezete, mert a magyar tagozatot létrehozó királyi törvényrendelet még nem jelent meg. Mint ismeretes, 1947. december hóban a király le is mondott trónjáról. Áthidaló megoldást a járandóságok kifizetésére Takács Lajos nemzetiségi ügyek minisztere talált - aki részletesen ismerte, követte és messzemenően támogatta az

almérnöki intézet magyar tagozatának létrehozását - elrendelvén a tartozó összegek segélykénti kiutalását a NÜM alapjaiból.

Az 1948. május 15-én felvett jegyzőkönyv jelzi, hogy a magyar tagozatot létesítő törvényrendelet a Román Népi Köztársaság Elnökségénél van aláírás végett.

Az 1948 év nyara az almérnöki intézet magyar tagozata harmadik évének beindulása szervezési előkészületeinek jegyében telt el. Új műszaki tantárgyak kerülnek előadásra és ezekre időben biztosítani kell a tanszemélyzetet.

Az 1948 őszén, a tanév megkezdése előtt, a Közoktatásügyi Minisztérium a felsőfokú oktatás megszervezésére új rendeletet hozott. Ennek folytán az almérnöki intézetek megszűnnek, és szükség szerint helyükbe mérnökképző intézetek létesülnek. A műszaki felsőfokú oktatás felettes hatósága az Iparügyi Minisztérium (IM) lett.

Az említett rendelet értelmében a Kolozsvári Almérnöki Intézetet felváltja egy Mérnökképző Intézet (Mechanikai Intézet). A végrehajtási utasítások intézkedtek az almérnöki intézet hallgatóságának továbbtanulásáról oly módon, hogy az I. évet, II. évet és III. évet végzettek különbözeti vizsga letételével felvehetők a Mérnökképző Intézet II., illetve III. évfolyamára. A volt I. évet végzettek, ha különbözeti vizsgákat nem kívánnak tenni, felvétel nélkül bejuthatnak a Mérnökképző Intézet I. évfolyamára. Azok, akik nem akarnak beiratkozni a Mérnökképző Intézetbe, folytathatják tanulmányaikat az Almérnöki Intézet keretében, mely az 1948-1949 tanévben II. és III. évfolyamokkal működik, majd az 1949-1950 tanévben csak III. évfolyammal, s utána megszűnik.

Minthogy a rendelet nem tért ki arra, hogy a kolozsvári Mérnökképző Intézet keretében folytatható-e magyar nyelven is az oktatás, a volt almérnöki intézet román és magyar tanári kara és diáksága közös emlékiratban kérte az Iparügyi Minisztert, mint az új felettes hatóság vezetőjét, hogy a román tannyelvű karral párhuzamosan létesíttessen egy magyar tannyelvű kart is, indokolva annak különleges fontosságát a romániai magyarság életében.

Érdemes felfigyelni erre az emlékiratra, abból a szempontból is, hogy közösen, románok és magyarok, egymást segítve akarják a kibontakozó életet jogegyenlőségben biztosítani. Ilyen sajátos erdélyi intézmény volt a kolozsvári almérnöki intézet és ennek szép és egészséges hagyományait kívánták ápolni és öregbíteni az új mérnökképző intézetben is. Hasonló emlékirattal fordulnak az MNSZ vezetőségéhez és Takács Lajos nemzetiségi ügyek helyettes miniszteréhez, támogatást és közbenjárást kérve az ügy kedvező rendezése érdekében.

A legfelsőbb fórumok döntése, - alapul véve a román és magyar tagozattal működő kolozsvári almérnöki intézet pozitív tapasztalatait - igen elvszerű volt, nevezetesen az, hogy az új intézet keretében párhuzamos román és magyar tanszékek működjenek, a vizsgák román és magyar nyelven folyjanak, közösen használják a laboratóriumokat és tanműhelyeket, a diákság közös otthonokban lakjon. A beiskolázási mutatószámok mindkét nyelvre azonosak legyenek.

A hivatalos lap (Monitorul Oficial) 1948. december 8-án, a 282. számában közli a KM 297370sz. rendeletében a kolozsvári Mérnökképző Intézet (Institutul de Mecanică) első lépésként szervezett tanszékeit és kinevezett tanárait: Matematikai analízis - Armeanca Ion, Alkalmazott matematika - Imecs Márton, Analitikai és differenciális geometria - Pick Gheorghe, Általános és ipari kémia - Macarovici Constantin, Műszaki Mechanika - Pop Octavian, Mechanikai Technológia - Domşa Alexandru, Folyadékok mechanikája - Iacob Caius, Szilárdságtan - Mocanu Dumitru, Gépelemek - Jenei Dezső, Hőtan - Popa Bazil, Elektrotechnika - Metes Nisztor, Ábrázoló geometria és ipari rajz - Pitea Dumitru, Metallográfia - Bereczky Tibor, Ipari egészségtan és balesetvédelem - Faur Áron. Röviddel ezután az intézet kiegészül a három román nyelvű évfolyamhoz szükséges tanszékkel és tanszemélyzettel.

A magyar nyelvű oktatás csak részben indul be, első és másod éven a következő tanszékeken: műszaki fizika, általános és ipari kémia, mechanikai technológia, elektrotechnika, metallográfia és ipari egészségtan.

A felszámolás alatt álló almérnöki intézet magyar tagozatán is (II. és III. évfolyam) tovább folynak az előadások.

Az engedélyezett magyar nyelvű tanszékekre úgy a Mérnökképző Intézet, mint a felszámolás alatt álló Almérnöki Intézet magyar tagozatához szükséges tanszemélyzet is besorolást kap. Az Almérnöki Intézet III. évfolyamán előadnak még: elektrotechnikát Simon Elek, hőerőgépeket Koller Viktor, hidraulikát és vízerőgépeket Müller Géza, emelőgépeket és vasszerkezeteket Pallos István, mechanikai technológiát Bartha Miklós, állampolgári nevelést dr.Tóth József, ipari építkezést és földmérést Balla Pál. A Mérnökképző Intézet keretében magyar tannyelvű tanszéket vezetnek: műszaki fizika - dr.Felszeghy Ödön, általános és ipari kémia - dr.Bereczky Tibor, mechanikai technológia - Müller Géza, elektrotechnika - Jenei Dezső, metallográfia és műszaki mérések - Rohonyi Vilmos, ipari egészségtan - dr.Berceller Ödön. A továbbiakban kinevezést nyertek a műszaki fizikára - Nagy László fizikus, a mechanikai technológiára - Károlyi Ferdinánd, és az elektrotechnikára - Füstös Kálmán gépészmérnök.

Mint ahogyan az Ipari Minisztériumhoz - mint felettes hatósághoz - felterjesztett 1948-1949 tanév zárójelentéséből kitűnik, a kolozsvári Mérnökképző Intézet egy karral és két tagozattal működött (hőtan és munkagépek). Az intézetben 47 tantárgy került előadásra, 22 tanszéken, 21 előadói tanszéken és 3 lektorátuson. A 47 tantárgyból 9 tantárgyat magyar nyelven is előadtak, 7 tanszéken és 2 előadói tanszéken.

Az 1949-1950-es tanév megnyitására nagy előkészületek folytak. Az intézet vezetőségének a IV. évre szükséges előadói tanári kar kibővítésén kellett fáradoznia és ezzel párhuzamosan az intézet több laboratóriumát és tanműhelyét kellet megnagyobbítani és korszerűsíteni, sőt új laboratóriumokat és szertárakat létesíteni. Az előadótermeket is fel kellett frissíteni és újakkal kiegészíteni. Az intézet könyvtárát műszaki és ideológiai dokumentációval kellett gazdagítani.

Ezekben a munkálatokban derekasan kivették részüket a magyar nyelvű tanszékek munkaközösségei. Jelentősen hozzájárultak a műszaki fizika, kémiai technológia, mechanikai technológia, metallográfia, hőtan, hőerőgépek és elektrotechnika laboratóriumok újjászervezéséhez, valamint a gépelem-géprajz szertár kialakításához és a könyvtár kibővítéséhez.

Az intézet vezetősége lépéseket tett, hogy a magyar nyelvű tanszékek első három évfolyama teljes mértékben biztosítva legyenek. Ahhoz, hogy az I.,II. és III. évfolyamokon a kiadott útmutatásoknak megfelelően teljes párhuzamosságot lehessen elérni, mindkét nyelven, a meglevő magyar nyelvű tanszék és 2 előadói tanszéken kívül megszervezésre várt 14 tanszék, 9 előadói tanszék, 3 lektorátusi, 1 adjunktusi és 11 tanársegédi állás.

A magyar nyelven előadó tantestület új tagjainak kinevezéséhez szükséges előkészítő munkák időben be lettek fejezve, várván az egész intézetnek az 1949-1950-es tanévre szóló hivatalos szervezési intézkedések megjelenését.

Az intézethez érkezett rendelkezések értelmében az I., II. és III. évfolyamra - az 1949-1950 tanévre - csak az 1948-49-es tanévben engedélyesett létszámkeretet lehetett előterjeszteni, így a párhuzamos előadások teljes egészében nem valósulhattak meg. Ugyancsak ebben a tanévben a létszámkereten belül megbízást kapott az elektrotechnikai tanszéken, mint új tantestületi tag, Nagy Aladár gépészmérnök. A következő 1950-1951 és 1951-1952 tanévekben nem lehetett újabb előterjesztéseket tenni és az 1953-1954 tanévtől kezdően a magyar nyelvű műszaki főiskolai oktatás megszűnt.

Habár 1953 őszén a magyar nyelvű műszaki főiskolai oktatás megszűnt, mégis megállapítható, hogy működése igen hatékony volt, sok magyar anyanyelvű szakembert készített fel az életre, akik mind eredményesen vettek és vesznek részt úgy a köznapi, mint az ipari és tanügyi életünkben.

A szakemberképzésen túl, a magyar tannyelvű tanszékek jelentős eredményei közé kell sorolnunk a felsőfokú irodalom magyar nyelven beindított sorozatát. Első lépésként az oktatáshoz szükséges jegyzetek kezdtek napvilágot látni. Így megjelentek: 1949-ben Jenei Dezső és Füstös Kálmán - Útmutatások az elektrotechnikai laboratórium mérési gyakorlatokhoz, 1950-ben Nagy Aladár - Elektrotechnika I., 1951-ben dr.Felszeghy Ödön és Nagy László - Technikai fizikai laboratóriumi jegyzet, és 1952-ben Felszeghy Ödön, Bálint Octavian és Nagy László - Technikai fizikai jegyzet - Hőtan és molekuláris fizika.

Kolozsvár, 1997. február 28.

Jenei Dezső

állami díjas
az Erdélyi Múzeum Egyesület
tiszteleti tagja,
a Mérnökképző Intézet volt tanára.

eME

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997. március 21-23.

KÖRNYEZETBARÁT TECHNOLÓGIÁK

Prof. Dr. Dudás Illés

ÖSSZEFOGLALÁS

A káros környezeti hatások egyik előidézője lehet a gépipari termelés. Mivel a gépipar meghatározó szerepet tölt be Magyarország gazdaságában, kötelességünk foglalkozni annak környezetkárosító hatásaival, a megelőzések lehetőségeivel. Egy fejlődő gazdaságban a növekvő termelés következménye lehet – megfelelő környezetpolitika hiányában – az egyre súlyosabb környezetkárosítás. Cél, hogy a nagyobb volumenű termelést környezetbarát termékek, technológiák és megfelelő hulladékkezelés mellet érjük el. A cikk rávilágít a legsúlyosabb problémákra, és ezek megoldásának lehetőségeire.

1. ÁLTALÁNOS KÖRNYEZETVÉDELMI PROBLÉMÁK, KIEMELT FELADATOK

1.1. Általános problémák

A környezetvédelem alapvető célja, hogy a környezet minősége révén biztosítsa az egészséges emberi élet, a biológiai sokféleség és a gazdasági-társadalmi fejlődés feltételeit. Ezen belül alapvető követelmény a gazdasági fejlődés és a környezet harmonikus – a természeti erőforrásokkal ésszerűen és takarékosan gazdálkodó – kapcsolatrendszerének megvalósítása. Ma a legnagyobb problémát a városi közlekedés, az ipari és lakossági energiatermelés által okozott **légszennyezés** jelenti. A **zajterhelés** a környezeti hatások legvárosiasabb formája. Nagyon speciális környezeti probléma – elsősorban a nagy népsűrűségű városi térségekben – a **hulladékok képződése**, kezelése.

A fent leírt környezetkárosító módozatok – légszennyezés, zajterhelés, hulladékképződés – a gépipar területein is sorra fellelhetők.

1.2. A környezetpolitika kiemelt feladatai [5]

A rövidtávú prioritások csoportját azok a feladatok képezik, amelyek nem halaszthatók tovább, mert jelentős környezeti és egészségi károkat kell csökkenteni, illetve megszüntetni:

- Az emberi egészséget és a természeti értékeket közvetlenül és súlyosan, nagy **kiterjedésben károsító tevékenységeket – üzemeket – fel kell mérni;**

- **Fontos feladat tevékenységük beszüntetése vagy a termelési profil, illetve technológia korszerűsítése, átalakítása;**
- Ki kell dolgozni a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) és az Európai Unió ajánlásainak, illetve előírásainak megfelelő hazai környezeti minősítő, címkéző, auditálási rendszereket, és segíteni kell a vállalatok környezeti menedzsment rendszereinek kialakítását;
- **Az ipari és a lakossági szennyezés mérséklése mellett kiemelt hangsúlyt kell fektetni a közlekedés légszennyező hatásainak mérséklésére.**

Ezek között különös jelentőségű, megoldandó feladat:

- a meglévő járműpark **károsanyag kibocsátásának csökkentése** utólagos műszaki beavatkozásokkal és az üzemeltetési színvonal fokozott ellenőrzésével [1];
- a korszerű levegőtisztaság-védelmi monitorhálózat kiépítésének folytatása a településeken belül és a háttérszennyezettség mérésére, valamint a településen kívüli mérőhálózat kiépítésének megkezdése az érzékeny ökoszisztémájú területeken.

A technika aktuális szintjének megfelelő technológiákat kell alkalmazni a levegőszennyezés megelőzésére.

A magyar környezetpolitika jövőbeli kiemelt területei közé tartoznak a **hulladékgazdálkodási feladatok**, melynek során a következő három prioritás együttes érvényesítésére és alkalmazására kell törekedni:

- **a hulladékkeletkezés megelőzésére,**
- **a keletkező hulladékok hasznosítására [7],**
- **a nem hasznosítható hulladékok ártalmatlanítására.**

A hasznosítás terén érvényesíteni kell azt az elvet, hogy a már kisajátított természeti erőforrás, mint **alap- vagy nyersanyag**, végső esetben, mint energiaforrás, **minél tovább a termelés-fogyasztás körforgásban maradjon**, azaz minél teljesebben hasznosuljon. **Az ártalmatlanítás** terén törekedni kell a **fizikai-kémiai-biológiai módszerek** minél szélesebb körű, kombinált alkalmazására.

Környezetbarát technikák bevezetése az összes termelési és fogyasztási folyamatra kiterjedően, amely elsőbbséget ad a passzív eszközökkel szemben a hulladékszegény, környezetkímélő, „tiszta" technológiák alkalmazásának és a környezetbarát termékek termelésének.

2. KÖRNYEZETBARÁT GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK KUTATÁSA MAGYARORSZÁGON

A környezeti ártalmak csökkentésének leghatékonyabb módszere lehet a gépipari megmunkálás terén, a száraz megmunkálás alkalmazása. A száraz megmunkálás vagy a minimális kenőanyag alkalamazás előnyei a következők:

– Környezetbarát, nincs levegőszennyezés, vízszennyezés

– Egészségmegőrző, nincsenek allergiák és bőrbetegségek a kiszolgálószemélyzetnél

– A hűtőanyag és annak eltávolítási költségeinek elmaradásával csökkennek a termelési költségek

A száraz megmunkálásnak nyilván vannak hátrányai is, pl. a termelékenységcsökkenés, de ennek anyagi vonzatai messze nem érik el a megtakarításokat.

2.1. Néhány jellegzetes anyagminőség forgácsolási tapasztalatai:

E pontban alapvetően a műszaki lehetőségeket mutatjuk be [1, 2].

•A szürkeöntvény szárazfúrása

– TiAlN bevonatú keményfémszerszámokkal hatékonyan végezhető. Ez a bevonat rossz hővezető, ezért a hő nagy része a forgáccsal távozik el

– Kerámia vágószerszámok - sikeresen alkalmazhatók nagy forgácsolósebességek esetén. Következtetés: a szerszámgépek továbbfejlesztését igényli.

•Szürkeöntvény szárazmarása

A nagysebességű marás fő célja:

– Az érintkezési idő csökkentése, hogy a forgács hője ne a szerszámba távozzon

– A megmunkált felület minőségének javítása

Alkalmazási terület: szerszám és süllyeszték marása

•Gömbgrafitos öntvény száraz fúrása

•Fehér temperöntvény komplett szárazmegmunkálása

Fúrás, menetvágás jól megvalósítható, azonban a száraz dörzsszárazáskor a szerszám viszonylag gyorsan kopik.

•Nemesíthető acél szárazmegmunkálása

A szárazfúráskor a fúrat felülete beedződik, ami a következő munkafolyamatot, mint például menetvágás, megnehezíti.

•Kovácsolt acél szárazmegmunkálása

Döntő jelentőségű az acél típusa, szilárdsága.

•AlSi - ötvözetek szárazfúrása

Mikrosugár kenés ajánlott. Hőelvitel minimális, azonban a forgács és a szerszám összeragadását nagymértékben lecsökkentik.

•A szerszámgyártóknak feladatot jelent ilyen szerszámok (szabványos szerszámok - általános célra és speciális szerszámok egyedi célokra) fejlesztése, gyártása.

•Hőkezelésnél alkalmazott ciánsók kezelése, tárolása szintén fontos feladat.

2.2. Környezetbarát fúrási technológiák [3]

A Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszéke kutatásokat végzett az Európai Közösség által finanszírozott (a közép-európai országokkal közösen művelt) az Umweltgerechte Zerspannungstechnik

- Reduzierung und Ersatz von Fertigungshilfsstoffen beim Bohren című témában; (Programm STD-2 EC, ERB CIPACT 930167).

A projekt célja a hűtő-kenő anyag nélküli, illetve minimális hűtő-kenő anyag felhasználásával végzett forgácsolási (fúrási) kísérletek vizsgálata. A fúrási kísérletek végzése különböző munkadarab anyagminőségek esetén külső, illetve belső hűtő-kenő anyag hozzávezetéssel, vagy minimális kenőanyag mellett, illetve anélkül történik.

A résztvevők közül a Magdeburgi és a Plseni Egyetem acél, míg a Wroclawi Egyetem öntöttvas fúrási kísérleteit végezte külső hűtésű fúrók használatával. A Dortmundi Egyetem acél anyagú munkadarabok, a Miskolci Egyetem öntöttvas anyagú munkadarabok belső hűtő-kenő csatornával rendelkező fúrók használatával történő fúrási kísérleteire kapott megbízást.

Tanszékünk a GUHRING cég fúróit használta. Geometriai ellenőrző méréseket végeztünk, s az alapján választottuk ki a fúrókat.

A kiválasztás szempontjai:

– a fúró félcsúcsszögeinek értékei (szimmetriája)

– élmagasság eltérés

– keresztél középpont és a fúró szimmetriatengelyének eltérése

– össz főélhossz különbségek

– keresztélek hosszai

– mellékélek szélességkülönbségei

A kísérletek első fázisában fúrási erő- és nyomatékméréseket, valamint fúrószerszám kopásértékeket mértünk meghatározott mennyiségű hűtő-kenő anyag felhasználása esetén[4].

Ezen mérések referenciaként szolgáltak. A csökkentett mennyiségű hűtő-kenő anyag felhasználásakor kapott forgácsoló erő-, nyomaték- és kopásértékek megváltozott értékei összehasonlíthatók a referencia értékekkel.

Az egyes forgácsolási útszakaszok után az adott szerszámmal megmunkált furatok makro- és mikrogeometriai jellemzőit, így:

– fúratok átmérőit, illetve köralakhűségét,

– furatfelület érdességi jellemzőit is vizsgáltuk.

Az elvégzett kísérleteket – beleértve az alkalmazott technológiai paramétereket is – az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Kísérleteink során előre meghatározott terv szerint csökkentettük a hűtő-kenő folyadékok mennyiségét és fokozatosan a sűrített levegővel történő hűtésre tértünk át. Ez azonban speciális - új típusú - levegő bevezető egység megtervezését és legyártását igényelte.

A kísérletek során empírikus összefüggéseket állapítottunk meg, melyek a [8] cikkben ismertetésre kerültek.

Paraméterek		Hűtés			Munkadarab anyaga					
					42CrMo4	GG-200				
					Szerszám					
					HSS	HM		VHM		
					Bevonat					
v m/min	f mm/ford	Hozzávezetés	Közeg	Mennyiség	–	TiN	TiAlN	TiN	TiAlN	MOS_2
35	0.05	külső	Emulzió 5%	15 l/min	A 1					
80	0.2	belső	Levegő	Sűr.lev.nyomás 0.2Mpa		GG 1		G 10	G 2	K 5
			Emulzió 5%	1.6 l/min			GG 2	G 12	G 4	K 7
				0.32 l/min				G 11	G 5	K 6
	0.315			1.6 l/min						
				0.32 l/min						
			Levegő	Sűr.lev.nyomás 0.2MPa					L 9	16
	0.2		OMV-olaj X-ULTRA-CF	10 cm^3/h					K 9	K 1
				28 cm^3/h					K 11	K 3
	0.315			10 cm^3/h					L 4	K 2
				28 cm^3/h						K 4
	0.2		OMV-olaj TB-CF	10 cm^3/h					K 10	K 8
				28 cm^3/h						
120	0.2		Levegő	Sűr.lev.nyomás 0.2MPa					L 7	13
			Emulzió 5%	1.6 l/min						
				0.32 l/min						
	0.315			1.6 l/min						
				0.32 l/min						
			Levegő	Sűr.lev.nyomás 0.2MPa					L 8	17
	0.2		OMV-olaj X-ULTRA-CF	10 cm^3/h					L 5	14
				28 cm^3/h						
	0.315			10 cm^3/h					L 2	18
				28 cm^3/h						

1. táblázat Fúrási kísérleteink

3. KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleteinket minimális kenéssel ill. csak sűrített levegővel történő hűtéssel is elvégeztük. A minimális kenéshez alkalmazott olaj klórmentes, tehát környezetet kevésbé szennyező volt. A különböző bevonatú, különböző hűtési módokra vonatkozó megállapításunkból közlünk néhányat [4]:

- A MoS_2 bevonatú fúrók esetén a sűrített levegővel porlasztott klórmentes olaj mennyiségének növelése nem csökkenti jelentősen a kopást, forgácsolóerőt, de a nyomatékot sem.
- A TiAlN bevonat eset az olajmennyiség növelésével a kopás egy bizonyos értékig (~16 cm^3/h) csökken, míg a forgácsolóerő és a nyomaték kis mértékben növekszik.
- A TiAlN fúrók megmunkálásakor mind forgácsolóerő, csavaró nyomaték, mind kopás szempontából az emulzió növelése előnyös (de az nem környezetbarát).
- Száraz megmunkáláskor (csak sűrített levegős hűtés) erő és nyomaték szempontjából a MoS_2 bevonatú fúrók szolgáltatják a legelőnyösebb eredményeket, míg a TiN bevonat erő esetén ~50%-kal, nyomaték esetén ~14%-kal nagyobbat mértünk.

A hűtő-kenő folyadékok minimális értékre való csökkentése, illetve megszüntetése olyan új problémákat is felvet, miszerint nehezebb a forgácsot a fúrószerszám hornyaiból eltávolítani. Ezen feladat megoldására a szerszámgép konstrukciós átalakítását javasoltuk. Gazdasági számításokkal is alátámasztottuk, hogy a környezetbarát forgácsolástechnika (minimális kenőanyag alkalmazásával) igen gyakran még olcsóbb is a hagyományosnál. A szerszámköltség ugyan növekszik, de a költséges hűtő-kenő berendezés, továbbá a folyadék recycling költségeinek megtakarításával jelentős előnyökhöz juthatunk [4]. A közeli terveink közé tartozik – az autóipar számára – a száraz menetmegmunkálás és fúrási technológia lehetőségének vizsgálata illetve szélesebb körben történő bevezetése.

IRODALOM

1. BMFT Forschungvorhaben: Trockenbearbeitung mit Cermet-Werkzeugen VDI-TZ, Düsseldorf /1993./
2. Dr. Cselle Tibor: Pro&Contra Trockenbearbeitung, GÜHRING 39/94, 27. Jahrgang /1994./
3. Dr. Dudás Illés: Umweltfreunliche Bohrtechnologien, IX. Internationale Werkzeugkonferenz, Universität Miskolc, Ungarn, 3-5. Sept. 1996. pp.: 509-522.
4. Dr. Dudás I. - Dr. Varga Gy.: Umweltgerechte Zerspanungstechnik - Reduzierung und Ersatz von Fertigungshilfsstoffen beim Bohren (STD - 2EC, ERB CIPACT 930167), Universitat Miskolc, Lehrstuhl für Maschinenbautechnologie 7. Bericht, 1996., pp.:9
5. Környezet és Fejlődés V.évfolyam 4.szám /1994./
6. Oldenburg,K.; Hoffmann,B.; Allhorn,H.; Anforderungen an die Produktkonstruktion – Beispiel für ausgewählte Entsorgungspfade. VDI Berichte, 1991. 906. sz.
7. Dr. Ódor Gézáné: Fejlett országok tapasztalatai a műanyaghulladékok hasznosításában, Környezet és Fejlődés IV.évfolyam 5-6.szám /1993./
8. Dr Varga Gyula: Environment Friend Drilling - Experiments by the Use of Factorial Experimental Design, IXth International Conference on Tools, University of Miskolc, Hungary, 3-5. sept. 1996. pp.:399-406.

Prof. Dr. Dudás Illés, tanszékvezető egyetemi tanár, a műszaki tudomány doktora
Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék,
H-3515 Miskolc-Egytemváros, Telefon: 36-46-365-111/15-17, Fax: 36-46-364-941

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A szilárd-olvadék határfelület alakjának változása a kristályosítási paraméterek függvényében

Babcsán Norbert

Összefoglalás

A félvezetők kristályosításánál kifejlesztett un. Határfelület Megjelölési (HM) technika segítségével a szilárd-olvadék határfelület aktuális helyzete „beégethető" a kristályba, ezáltal a kristályosítási paraméterek (a frontsebesség, a hőmérséklet gradiens és az áramlásmező) határfelület alakjára gyakorolt hatása nyomon követhetővé válik. A jelen dolgozat összefoglalja az Univerzális Sokzónás Kristályosítóban galliummal szennyezett germániumon végzett kísérletek eredményeit.

Bevezetés

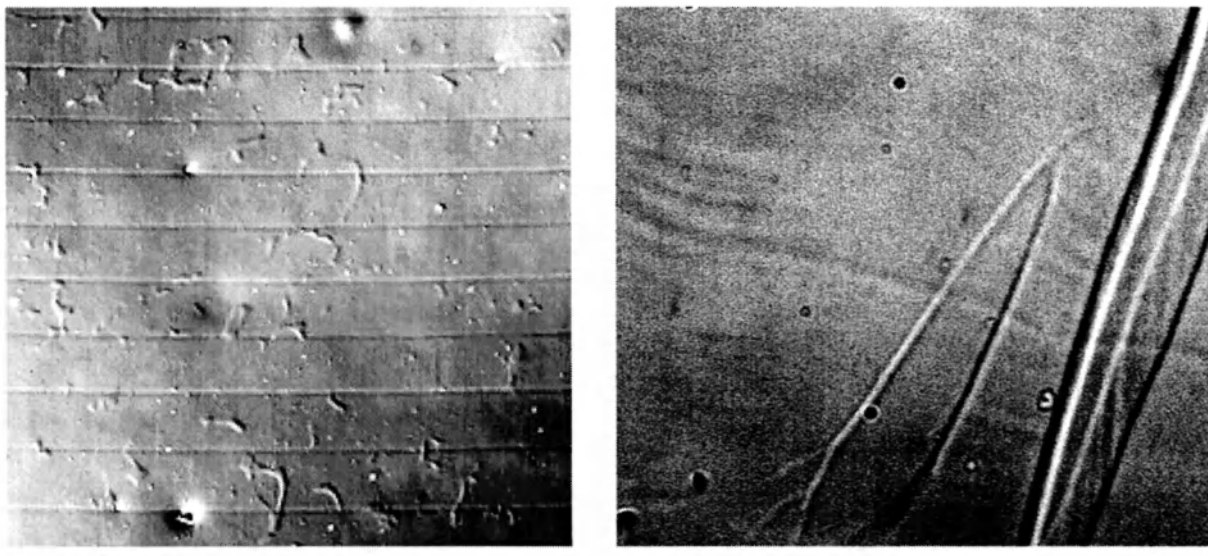
A félvezető egykristályok minőségét nagyban befolyásolja a szennyező anyag eloszlásának homogenitása. Az inhomogenitás okait a kristályosítási folyamatban kell keresni. Mivel maga a kristályosítási folyamat a határfelületen zajlik a határ közvetlen környezete kiemelt jelentőségű. A határfelületen zajló folyamatok komplex módon jelentkeznek, ezért a folyamatok mikéntjéről nehézkes információt gyűjteni. Mivel jellemezhetjük mégis a folyamatot? A határfelület alakja adja meg a szükséges outputot. Az inputot a kristályosítási paraméterek (frontsebesség, hőmérséklet gradiens és áramlásmező) kínálják. A cél a bemeneti és a kimeneti jellemzők közötti egyértelmű kapcsolat felderítése. A kísérletekhez használt berendezés az Univerzális Sokzónás Kristályosító (USK) [1] segítségével a frontsebesség és a hőmérséklet gradiens hatása egymástól függetlenül vizsgálható. A berendezés lényege, hogy a 25 különállóan szabályozható zóna segítségével különböző hőmérsékletprofil - 0,01-50μm/s-os frontsebesség intervallumon belüli - vándoroltatása valósítható meg. Lehetőség van a frontsebesség konstans értéken tartása mellett a hőmérséklet gradiens hatásának, illetve a hőmérséklet gradiens állandósága mellett a frontsebesség hatásának vizsgálatára. Az áramlási mező-határfelület kapcsolat felderítésében számítógépes modellprogram áll rendelkezésre. A dolgozat rövid áttekintést ad a 10^{19} atom/cm^3 galliumot tartalmazó germániumon végzett kísérletek eredményeiről.

A Határfelület Megjelölési technika

A nem átlátszó, magas olvadáspontú anyagok esetében a határfelület-alak detektálásának egyetlen módja a szilárd-olvadék fázishatár megjelölése, más néven Határfelület Megjelölési (HM) technika. Ga-mal dópolt Ge-on keresztülhaladó 1-80 A/cm^2 egyenáram impulzus koncentrációkülönbséget okoz a kristályosodó anyagban, ami megjelöli a szilárd-olvadék határfelületet. Ez próbaelőkészítési eljárásokkal, nagyon finom polírozás (0.03-0.05 μm szemcseátmérő), erős speciális marószerek és interferencia kontraszt mikroszkóp alkalmazásával előhívható. Így a próbán megfelelő időpillanatokhoz tartozó koncentrációcsíkokat (vonalak) láthatunk. A koncentrációcsíkok a félvezetőgyártásban hibának számítanak. E hibák vizsgálata vezetett a 70-es évek elején a galliummal szennyezett germánium és az InSb rendszerekben a HM technika kifejlesztéséhez [2].

A határfelület alakjából nyerhető információk és a kristályosítási paraméterek kapcsolata

Irányított kristályosítás esetén a határfelület alakja kis mértékű perturbációban eltérhet a síkfronttól. Az eltérés a síkfront görbülésében (1.a. ábra) illetve a síkfront hullámosságában (1.b. ábra) egyaránt megnyilvánulhat.

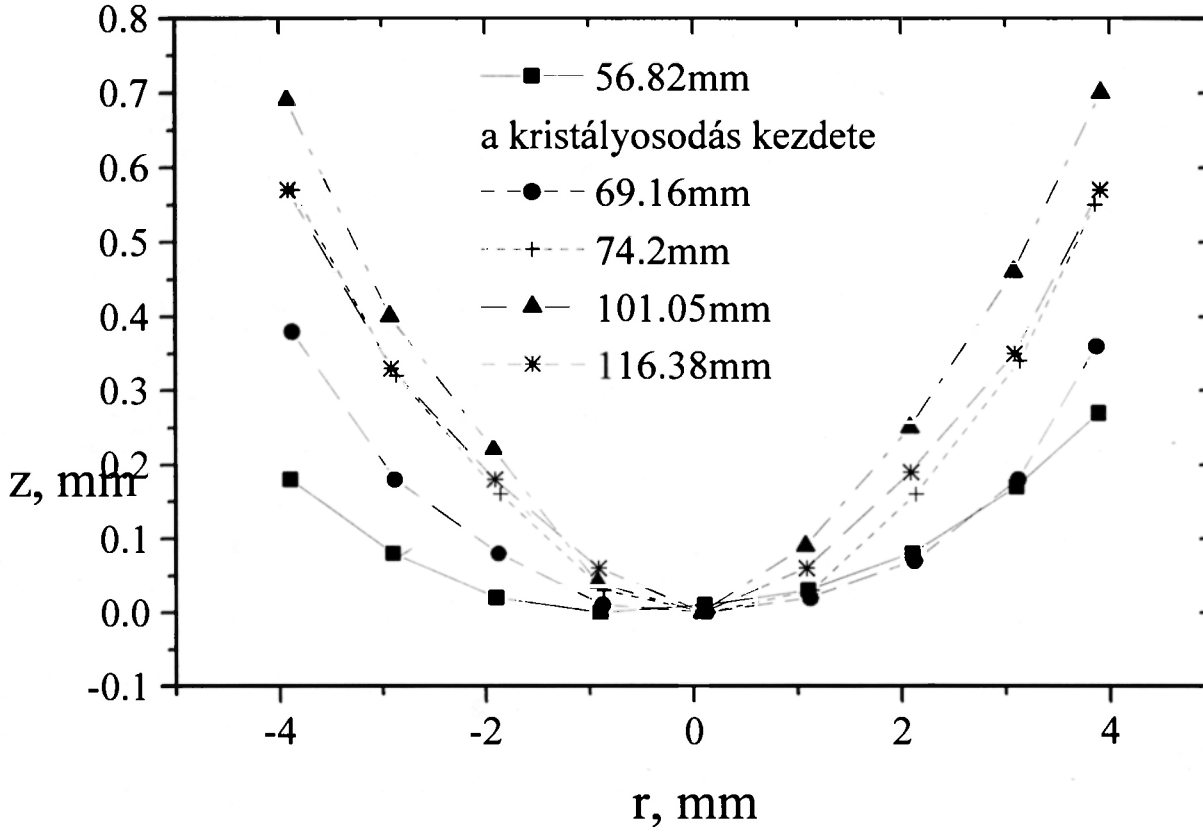


1. ábra. (a) görbült határfelület (b) hullámos határfelület

A szilárd-olvadék fázishatár görbülete a kristályosítási folyamat jellemző paramétere. Már korábban megmutatták, hogy a görbület növekedésével a radiális koncentrációkülönbség is nő, ami rontja a jó minőségű (homogén) egykristály tulajdonságait [3]. A cél tehát a sík kristályosodási front elérése.

A görbültség változása (2. ábra) az uralkodó áramlási viszonyok változásával - illetve a kristályosodás előrehaladásával - a kristályosodási hő különböző mértékű „elvezetésével", azaz az

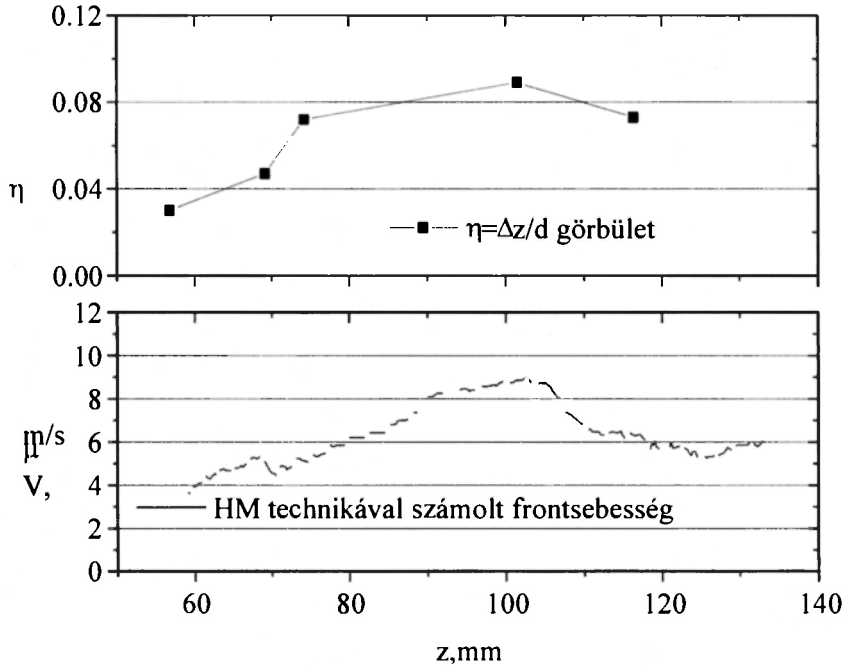
oldalirányú hőtranszporttal van kapcsolatban. Ez utóbbit az ampulla anyaga és az alkalmazott hőmérsékletprofil határozza meg [4]. A görbék aszimmetriája a berendezés hőmérsékletmezejének egyenetlenségével függ össze.



2. ábra. A görbület változása a kristályosodás előrehaladtával

Mivel a kristályosodási hőmérséklet 938 °C konstans, ezért arra következtethetünk, hogy a kristályosodó anyag belsejében a hőmérséklet magasabb mint a szélén, azaz a széle előbb szilárdul meg, mint a közepe. Elképzelhető, hogy a görbültség kiküszöbölhető vagy legalább is csökkenthető a kemence hőmérsékletprofiljának fokozatos módosításával. Figyelemre méltó, hogy más berendezéseknél kristályosodás közben a hőmérsékletmezőt csak bizonyos határokon belül lehet változtatni. A hőmérsékletmező e fajta kísérlet közben való finom „igazítása" csak többzónás berendezéssel valósítható meg.

A görbület nagyságának változása összefüggésbe hozható a frontsebesség, a hőmérséklet gradiens és az áramlási mező változásával. Az elvégzett kísérletek megmutatták, hogy a frontsebesség és a görbület változása között egyértelmű kapcsolat áll fenn (3. ábra). A frontsebesség növekedése a görbület növekedését eredményezi.



3. ábra. A frontsebesség hatása a határfelület görbületére

Az áramlásmező modellezése segítségével megállapítást nyert, hogy a olvadékban létező áramvonalak növelik a határfelület görbületét. A határfelület hullámosságának oka is az áramlásmező fluktuációjában, esetleges turbulenciákban keresendő. A berendezés frontsebességének a szabályozás tökéletlenségéből adódó szórása miatt a hőmérséklet gradiens és a határfelület görbülete közötti kapcsolat nem tisztázott. Várható, hogy a növekvő gradiens elmossa, esetlegesen megfordítja a görbület előjelét.

Irodalomjegyzék

1. P. Bárczy: Universal Multizone Crystallizator (UMC) - A precise device for space experiment, Material Science Forum, **77**, 171-184 (1991)
2. M. Lichtensteiger, A. F. Witt és H. C. Gatos, J. Electrochem. Soc., **118**, 1013 (1971)
3. F. M. Carlson, L-Y Chin, A. L. Frip, R. K. Chroch, Material Processing in the Reduced Gravity Environment of Space, 629 (1982)
4. R. J. Naumann, S. L. Lehoczky, J. of Cryst. Growth, **61**, 707 (1983)

Babcsán Norbert / egyetemi tanársegéd
Nemfémes Anyagok Tanszéke / Miskolc-Egyetemváros 3515 Hungary
T./F.:36-46-365-924, e-mail: femnorbi@gold.uni-miskolc.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

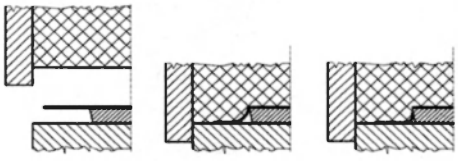
A GUMISZERSZÁMOS LEMEZMEGMUNKÁLÁS

Bacskó Attila, Dr. Gál Gaszton

A gumiszerszámos lemezmegmunkálást széles körben használják a viszonylag kis méretű és legfeljebb 2 mm vastag lemezből készülő alkatrészek kis sorozatnagyságú gyártáskor. Ezen megmunkálási eljárások közös jellemzője, hogy az alakítást végző aktív szerszámelemek egyike elasztikus anyag, gumi vagy poliuretán, a másik szerszámelem pedig általában acélból készül. Számos lemezalakító művelet valósítható meg gumiszerszámos eljárással: lemezvágás (kivágás. lyukasztás, kicsípés, bevágás), lemezvágás (egy- vagy többlépcsős hajlítás), mélyhúzás, dombornyomás, stb. Ezek közül egyes eljárások tömeggyártásban is használhatók, például a nagyon vékony lemezanyagok, a 0.005-0.1 mm vastag fóliák feldolgozásakor.

A gumiszerszámos alakítás használatának számos előnye van a merev szerszámmal való alakítással szemben: a komplett szerszámozás egyszerűbb és olcsóbb, többféle alakítási részművelet végezhető egy lépésben, nem vagy kevésbé sérül a munkadarab felülete, kisebb az alakított lemez munkadarabok visszarugózása, rugalmasabb a gyártás mivel könnyebb átállni más darab gyártására, stb. A gumiszerszámos megmunkálások előnyei mellett meg kell említeni a jelentős hátrányát, amely alapvetően abból adódik, hogy sokkal nagyobb, általában többszöröse az alakítás erőszükséglete, de a gumikopás miatt is sok gyakorlati nehézség vetődhet fel ezen eljárások használatakor.

A dolgozatunkban a sokféle gumiszerszámos megmunkálás közül továbbiakban csak a gumipárnás vágással kívánunk foglalkozni. A gumipárnával történő vágás elve az 1. ábrán látható. Az anyagszétválasztás tulajdonképpen egy hajlításból és a hajlítási él mentén való szakításból áll. A kivágandó munkadarabnál lényegesen nagyobb méretűre ledarabolt lemez-előgyártmányt a kivágó bélyegre helyezik. A vágóbélyeg a kivágandó alakkal azonos külső kontúrral készített 1.5-10 mm vastag edzett acéllap, amelynek homlokfelületét egyszerű kivágásnál síkba köszörülik, de igény szerint valamilyen sajtolandó profil is kialakítható ezen a felületen. A vágómatricaként működő vastag gumipárna a nyomószánhoz rögzített nyomásfelvevőbe van befoglalva (1/a. ábra), hogy a szükséges nagyságú nyomást létre lehessen hozni benne.

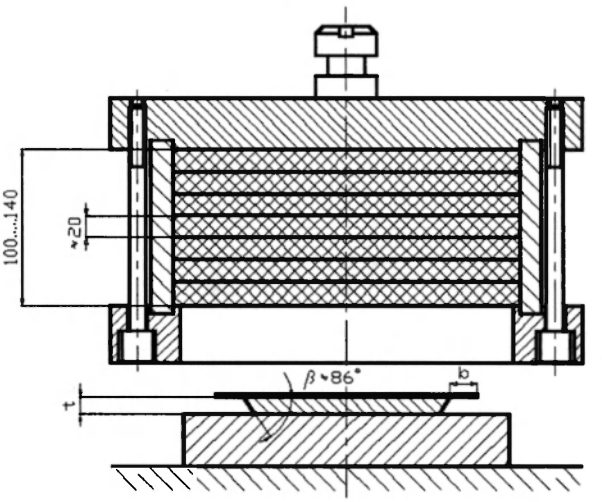


a. b. c.

1. ábra

A szerszám működésekor a gumipárna először ráhajlítja a lemez előgyártmányt bélyeg élére (1/b. ábra), ahol a kis sugarú hajlítás következtében a vágandó lemez vastagsága kis mértékben csökken. Ezzel egyidejűleg a gumipárna a szerszámlaphoz szorítja a lehajlított lemezrészt, ahol a súrlódás miatt az rögzítődik. Az alakítóerő hatására növekszik a gumipárna nyomása, aminek következtében a bélyeg élénél és a szerszámlap felületén rögzítődött lemez között szabadon maradt lemezrészben

növekvő húzófeszültség ébred. Ennek hatására először nyúlik ez a lemezrész, majd a bélyeg éle környezetében kontrahálódik és elszakad a lemez (1/c. ábra), vagyis létrejön az anyagszétválasztás. A kivágás után a hulladékot tovább alakítja a gumipárna nyomása, amelynek következtében a levágott lemezrész a bélyeg palástjára szorul. A gumipárnás vágásnál tehát a szélek felé vékonyodó szakított felület keletkezik, ami korlátozza ennek az eljárásnak a felhasználhatóságát az alkatrész-gyártásban. A nyomószán visszajárásakor csökken a gumipárna nyomása, majd szabaddá válik az alakított munkadarab, amely a bélyeg felületéről eltávolítható. A kivágósablont leemelve a sajtoló lapról a keletkezett hulladék a sablonról lehúzható, illetve a lyukasztási hulladék is kilökhető a bélyeg nyílásából.

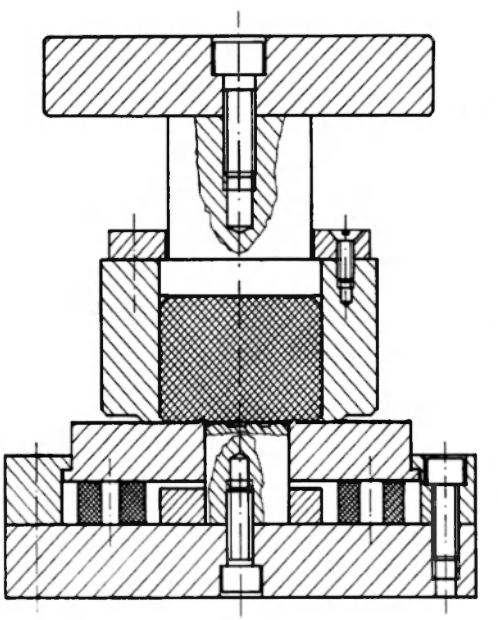


2. ábra

Az alakítási folyamat elemzése alapján a gumipárnával való anyagszétválasztásnak az a feltétele, hogy egyrészt a vágási kontúr körül a hulladékrészt a vágási kontúrra merőleges irányba jelentősen megnyújtsuk, másrészt biztosítani kell, hogy csak a vágási kontúr mentén alakulhassanak ki a szakadáshoz szükséges feltételeket.

Ha a bélyeg homlokfelületébe alakadó formát kiképeztek ki, akkor a kivágási folyamattal egyidőben a gumipárna nyomásának hatására a lemez felveszi a bélyeg felületének alakját. Ennek az alakításnak a mértéke azonban korlátozott, mivel csak lokálisan lehetséges a lemez alakváltozása, ugyanis a bélyeg homlokfelületéhez a gumipárna által leszorított lemezrészek nem tudnak elmozdulni. Ebből következik, hogy csak kisebb domborítások, illetve mélyedések sajtolhatók a gumipárnás vágás közben. A bélyeg homlokfelületébe átmenő lyukat képezve ki lyukasztási művelet is végezhető kivágással és az alakítással egy műveletben, de ebben az esetben is teljesülni kell a gumipárnás vágás előzőkben leírt feltételeinek.

A gyakorlatban bevált gumipárnás alakítószerszám konstrukciójának vázlata látható a 2. ábrán. A gumipárna célszerűen lemezekből van összerakva, ugyanis csak a gumipárna alsó felületén kell számolni jelentős gumikopással, ezért az alsó gumilemez megfordításával, vagy kicserélésével elvégezhető a kopott felületű gumipárna felújítása.



3.ábra

Az elasztikus párnához ajánlott gumi anyagának keménysége:

$$H = 0.15 \cdot s \cdot R_m$$

képlettel számítható [1], ahol s a lemezvastagság, R_m a lemez szakítószilárdsága. Látható, hogy vastagabb lemezhez, illetve nagyobb szilárdságú anyaghoz keményebb gumi szükséges. A gumi szokásos keménysége a vágási műveletekhez 65-95 Shore. A gyakorlatban nagyobb igénybevétel esetén a gumi helyett előnyösebb poliuretánt használni. Ugyanis a gumilemezek megengedett alakváltozása csak 40-45%, a

poliuretán esetében ez 250-700%. Ezen kívül a poliuretán nagyobb szilárdságú, kopásállóbb és az olajjal szemben is ellenálló, az ára viszont lényegesen nagyobb.

A gumipárnás vágáshoz szükséges nyomás nagysága

$$p = s\frac{R_m}{t}$$

képlettel határozható meg [1], ahol s a lemezvastagság, R_m a lemez szakítószilárdsága, t a bélyeg magassága (2. ábra). Alakításkor a gumipárnában mindenütt közel azonos nyomás lép fel, ezért az alakítóerő-szükséglet a nyomott gumifelület és az alakítónyomás szorzataként számítható.

A bélyeget elegendő ötvözetlen szerszámacélból készíteni, és HRC 60-63 keménységűre edzeni. A bélyeg felületét mindenképpen köszörülni kell, mivel nagyobb nyomásnál a lemez felületén nyomot hagy a bélyeg felületi hibája. A bélyeg vágóéleinek $0.1x45°$-ba való lesarkítása jelentősen csökkenti a gumipárna felületének roncsolódását. A hulladék eltávolítása a bélyegről megkönnyíthető olymódon, hogy a bélyeg palástját a 2. ábrán látható módon $3-4°$-ba alámunkálják.

Döntő fontosságú a gumipárnás vágási művelet elvégezhetősége, illetve gazdaságossága szempontjából a vágóbélyeg vastagságának és a megfelelő vágási ráhagyásnak. A szükségesnél kisebb bélyegmagasságnál, illetve ráhagyásnál nem alakulnak ki a vágás feltételei, nagy ráhagyás esetén viszont rossz az anyagkihozatal. A vágóbélyeg t vastagsága és a ráhagyás b nagysága az alábbi képletekből számítható :

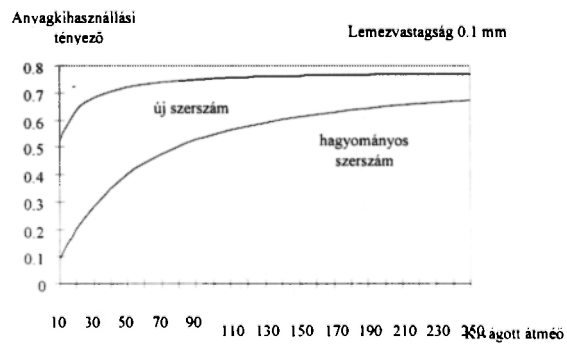
$$t = 1{,}6 + 5s\,, \quad b = 8{,}8 + 5{,}5s\,,$$

ahol b- a peremszélesség, t- a bélyegvastagság, s- a lemezvastagság [1.].

Az összefüggésekből látható, hogy a gumipárnás vágás elvégzéséhez szükséges ráhagyás (max. 2 mm lemezvastagságig) a kivágási kontúr körül 9-20 mm. A hagyományos vágószerszámoknál 1-3 mm-es hídszélességekkel lehet számolni. Figyelembe véve azt is, hogy általában csak egy-egy darabot lehet kivágni a gumipárna korlátozott méretű nyomófelülete miatt, nyilvánvaló, hogy a lemezterv készítésekor a kivágási kontúrokat 18-40 mm távolságra lehet elhelyezni. Ez a oka annak végül is, hogy csak igen rossz anyagkihozatalt érhető el, különösen a kisebb darabok kivágásakor.

A gumipárnás vágást értékelve az eddigiek alapján is megállapítható, számos előnye és hátránya van az alkalmazásának. Előnyei közzé sorolható, hogy igen egyszerű és viszonylag olcsó a szerszámozása, rugalmas gyártást tesz lehetővé, rövid idő alatt lehet a gyártást felszerszámozni és beindítani, igen vékony lemezek is könnyen vághatók.

A gumipárnás vágás alkalmazásának a jelentős hátrányai vannak: a hagyományos vágásnál csak sokkal kisebb anyagkihozatal érhető el, általában kézzel kell kiszolgálni az alakítószerszámot, sávból nem lehetséges a kivágás. A gumipárnás vágás ezen a hátrányoknak kiküszöbölésére irányuló fejlesztés eredményeként olyan új szerszámot dolgoztunk ki, amely lehetővé teszi a felsorolt alkalmazási nehézségek csökkentését.



4.ábra

A megtervezett új gumipárnás vágószerszám elvi vázlata a 3. ábra vázlatán látható. Ennél a szerszámnál is felül helyeztük el egy nyomásfelvevő hengerben a

gumipárnát, amelyet felülről dugattyúval lehet nyomás alá helyezni. A kivágandó munkadarab alakjának megfelelő vágóbélyeg az alaplaphoz van rögzítve. Erre kis játékkal illeszkedik egy rugózattal támasztott süllyedő sajtolólap, amelynek alsó helyzetét támasztógyürü határolja. Az új vágóeljárás lényege, hogy vágási kontúr körül, attól meghatározott távolságra a sajtolólap felületén 90 fokos ékgyűrű van kialakítva.

Az új gumipárnás vágószerszám (3. ábra) működése a következő: A lemezsávot az sajtolólapra kell helyezni, úgy hogy az ékgyűrűt éppen takarja a lemez. A nyomószán működésekor a nyomásfelvevő először felütközik a sajtolólapon, ezután a gumipárna a lemezt először leszorítja, majd a rugóval támasztott az ékgyürűre alakítja, amit a megfelelő nagyságú erőre méretezett rugózat tesz lehetővé. Ezután a gumipárnáról átadódó erő további növekedésekor a sajtolólap elmozdul lefelé egészen a támasztógyűrűig. Ennek során az ékgyűrű és a bélyeg között jelentősen megnő meridián metszetben a távolság, vagyis a hagyományos gumipárnás vágáshoz hasonló feltételek alakulnak ki azzal az eltéréssel, hogy itt a bélyeghez közel elhelyezkedő ékgyűrű megakadályozza a lemez elmozdulását, így teljesülnek a vágáshoz szükséges feltételek, és megtörténik a kivágás. Az alakítási fázis végén a bélyeg felületébe készített forma alakját is felveheti a lemez, mivel a sajtoló nyomás a szükséges nagyságig fokozható. A gumipárna visszajárásakor a sajtolólap megemelkedik és lehúzza a bélyegről a hulladéksávot, a kivágott darabot pedig sűrített levegővel lehet eltávolítani, amit célszerű a bélyegben elhelyezett rugós emelőcsappal megkönnyíteni. A lemezsáv előtolásakor a korábban ékgyürűvel alakított rész ismét felhasználható következő kivágásnál. A lemezsáv vezetékét, az ütköző megoldását nem tüntettük fel a rajzon. Ezen szerszám alkalmazásával jelentősen javítható az anyag-kihozatali tényező.

A 4. ábra az elérhető anyagkihozatal nagyságát mutatja 0,1 mm vastag lemeztárcsák kivágásakor a kivágott átmérő függvényében a hagyományos és az általunk kifejlesztett új gumipárnás szerszám esetén. A diagramból látható, hogy a gyakorlat szempontjából fontos 10-40 mm kivágási átmérő tartományban legalább kétszeres anyagkihozatali tényező érhető el.

Összefoglalva megállapítható, hogy a 3. ábrán látható szerszám bonyolultabb a hagyományos gumipárnás szerszámnál. Ettől eltekintve számos előnye van a hagyományos gumipárnás szerszámmal szemben: 2-3-szor jobb anyagkihozatal érhető el, mivel a sávterv készítésekor 2.5-4 mm-es hídszélességgel lehet számolni, a szerszámmal közvetlenül feldolgozhatók a táblalemezből darabolt sávok, illetve a szalagok, de akár táblalemezből is lehet dolgozni cikcakk előtoló berendezéssel, ezért a gyártás könnyen automatizálható.

Felhasznált irodalom

[1] Oehler, G. (Kaiser): Vágó- sajtoló- húzószerszámok. Műszaki Könyvkiadó, Bp, 1971.

[2] Romanowski, W.P.: Handbuch der Stanzereitechnik. VEB Verlag Technik, Berlin, 1973.

Bacskó Attila okl. gépészmérnök, PhD hallgató

Dr. Gál Gaszton okl. gépészmérnök, egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék, 3515 Miskolc Egyetemváros, Tel: 36/ 46-365-111/18-45

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Hagyományos élhajlítógép számítógépvezérelt hátsó ütközőrendszerrel való pótlólagos automatizállása

Bacskó Attila

Az élhajlítás szerepe napjainkban mindinkább megnő a gépiparon belül, amelynek oka, hogy a tömeggyártásban és a félkésztermék gyártásban ez az anyag és energiatakarékos technológia jól alkalmazható, gazdaságos, automatizálható és a fizikai munkát nagymértékben megkönnyíti.Napjainkban az élhajlítógépeket gyártó cégek arra törekednek, hogy gépeik technológiai lehetőségeit kibővítsék, szélesítsék, ezáltal egyetemesebb, széleskörűen alkalmazható gyártóeszközöket hozzanak létre, így a felhasználók igényeihez sokkal jobban tudnak alkalmazkodni és termékeik értékesítési lehetőségeit is megnövelik. A technológiai lehetőségek kiszélesítését elsősorban a géphez használható tartozékok, szerszámok és készülékek széles skálájának kifejlesztésével lehet elérni, de ezek megfelelő kihasználása csak a gépek automatizálásán keresztül érhető el. A mai gazdasági helyzetet figyelembe az iparban alkalmazott élhajlító gépek jelentős része nem megfelelően automatizált.A dolgozat célja egy hidraulikus élhajlítógépre felszerelhető automatikus állítású hátsó ütközőrendszer tervezése.

A hátsó ütközőrendszerek típusai és ezek hatása a hajlítás pontosságára:

- Ütközőbeállítás *kézzel, egy hajlítási művelethez*, (kézi beállítás, motorikusan nyomógombbal vagy kézikerékkel) az ütköző helyzetét elmozdulásmérő jelzi ki. A szubjektív tényezők szerepe a pontosságra kisebb, a beállítási idő rövidebb.
- Ütközőbeállítás *kézzel egy vagy több hajlítási művelethez*, végrehajtás programvezérléssel. A szubjektív tényezők szerepe a pontosságra és a beállítási időre kisebb, de még mindig jelentős.
- Ütközőbeállítás *automatikusan egy, vagy több hajlítási művelethez*, NC vezérléssel. Az ütköző helyzetét útmérő méri és jelzi ki. Jelentős pontosság és termelékenység növekedés érhető el vele.

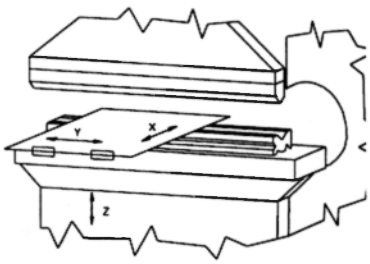
Nagy pontossággal kell elvégezni a hajlítást ha a hajlított alkatrészhez más alkatrészek illeszkednek, vagy az illeszkedik más alkatrészekhez; ha a hajlított alkatrész egyes részfelületeinek pontos helyzetét kell biztosítani.

A lemezekből készülő munkadarabok gyártása történhet, egyedileg, kissorozatban, közép- és nagysorozatban, ritkán tömeggyártásban. A szervezett és gazdaságos raktárkészlet-gazdálkodás igen sok esetben a kis és középsorozatban való gyártást teszi szükségessé. Automatikus ütközőbeállítás esetén a beállítási és a manipulálási idők rövidek. A beállítási és manipulálási idők csökkenése az NC gép alkalmazását teszi indokolttá egyedi gyártás esetén. A legkorszerűbb megoldás a hátsó ütközőrendszer pozícionálására az NC vezérlés. A pozícionálást egyenáramú szervómotoros helyzetszabályozással valósítható meg. Napjainkban a szervo vezérlések széleskörű elterjedése miatt ez a pozícionálási megoldás a legalkalmasabb a megvalósításra. Az NC vezérlés alkalmazása különösen kis- és középsorozat-gyártásnál ajánlatos, mivel mind a munkaidő, mind a dolgozók fizikai terhelése jelentősen csökken más ütközőrendszer típusokhoz képest. Emellett az NC vezérlésű élhajlítógépeken gyártott alkatrészek pontossága is a legmegfelelőbb.

A hátsó ütközőrendszer kialakítását befolyásoló technológiai követelmények.

A hátsó ütközőrendszer a hajlítás helyét határozza meg. Az ütköző olyan kialakítású kell, hogy legyen amely nem korlátozza az ütköztetés helyét, s ezt több tényező is befolyásolja: a munkadarab méretlánca, méreteinek tűrése. A lemez hajlítását a méretláncnak illetve a műveleti sorrendnek megfelelően kell elvégezni. Az egyes hajlítások elvégzéséhez azokat az éleket, esetleg lemezoldalt kell felhasználni, amelyekből a méretét megadták. Így az ütközők közvetlenül a tűrésezett méretet határozzák meg.A lemez rugózási hajlama miatt különösen vékony lemezeknél a lemez tűrésezett ütköztetése nehezen oldható meg, mivel az ütköztető erő hatására a lemez rugalmasan alakváltozik. Az ütközőrendszernek olyan funkciókkal és kialakítással kell rendelkeznie ami lehetővé teszi a legjobb hajlítási technológia alkalmazását . A lemez hajlítás közbeni szükségtelen ütközése, befeszülése elkerülhető a hajlítás belső oldalán való ütköztetéssel, az ütköző elmozdításával vagy kibillentésével. A hátsó ütközőrendszernek megfelelő merevséggel kell rendelkeznie, mivel ez az ütköztetés pontosságát jelentősen befolyásolja.

A hátsó ütközőrendszer legfontosabb állítási lehetőségei és irányai



1.ábra

A hátsó ütközőrendszer legfontosabb állítási lehetőségei a 1. ábrán láthatóak. Az ütköző X irányú mozgatásával a párhuzamos hajlítások egymástól vagy a táblalemez szélétől való távolsága állítható be.Az ütköző Y irányú mozgatásának igénye hajlításkor csak két ütközőelemből álló rendszer esetén merül fel. Az ütköző Z irányú mozgatása többlépéses hajlítás esetén szükséges, amikor előzetes hajlítások következtében az ütköztetéshez felhasznált lemezél a matrica síkja fölé vagy alá kerül, vagy a matricát meg kell emelni.A hajlítás belső felületén való ütköztetés megvalósítása alulról benyúló, vagy oldalról benyúló ütközőkialakításokkal lehetséges.Ezen kívül megvalósítható az ütköző elmozdítása a lemez útjából , vagy az ütközők hajlítás előtti kibillentése.

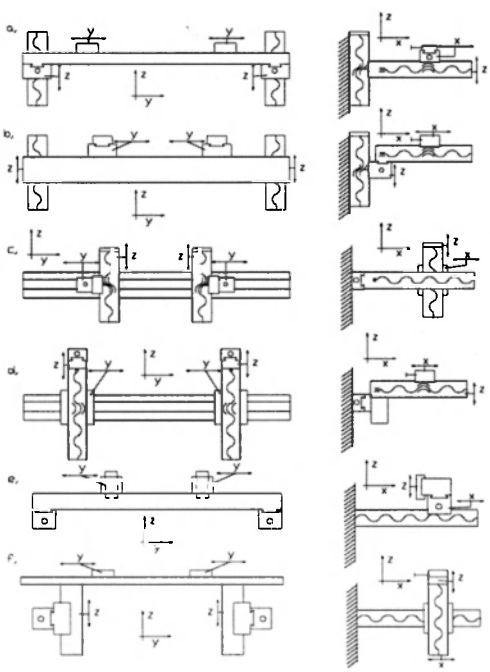
Az ütközőhajtás megvalósítási lehetőségei:

X irányú állítás - az ütközők méretre állítása lineáris mozgással lehetséges, vagy a pozicionálás helyettesíthető méretes vagy méretre állított ütközők forgó mozgású revolverfejes ütköző munkahelyzetbe hozásával.A revolverfej forgástengelye X vagy Z irányú lehet.

Y irányú állítás - az ütközők méretre állítása a nagy állítási hossz miatt csak lineáris mozgatással lehetséges. A lineáris mozgatás lehetőségei megegyeznek az X irányú mozgatás lehetőségeivel.

Z irányú állítás - Az ütköző méretre állítása legcélszerűbben lineáris mozgatással lehetséges, vagy X irányú lineáris mozgatású ütközőrendszer hídján két revolverfejes ütközőfej alkalmazásával

Ferde szélű lemez hajlításához szükséges állítás - Az ütközők beállítása megvalósítható lineáris mozgással, forgó mozgással vagy lineáris és forgó mozgás együttes alkalmazásával



2. ábra

Az ütközőhajtás megvalósításának kinematikai változatai

A kinematikai lánc felépítését a következő változatok alapján elemezzük. A mozgásátalakító elemek lehetnek : orsó-anya; fogaskerék-fogasléc; munkahenger.

Az orsó-anya típusú hajtások - Az orsó-anya mozgásátalakító a legelterjedtebb kinematikai megoldás haladó mozgás előállítására. A hátsó ütközőrendszer hajtása készülhet egy- és kétorsós kivitelben. Az összekötő kinematikai elem lehet: vonóorsó, kardántengely, fogazott szíj, lánc.

A fogaskerék-fogasléc típusú hajtások - A fogaskerék-fogasléc típusu hajtások alkalmazása számos előnyös és háhtányos tulajdonsággal rendelkezik az orsó-anya hajtáshoz viszonyítva. Hosszabb löket esetén a fogasléces hajtás előnyösebb. Változatlan szánsebesség mellett azonban a hajtáshoz szükséges fordulatszám egy nagyságrenddel alacsonyabb az orsó-anya hajtáshoz viszonyítva. A hézagtalanítás pontosabb megmunkálást és szerelést igényel, a karbantartása viszont könnyebb.

Munkahengeres megoldások - A hátsó ütköző mozgatásának lehetőségei között egy külön csoportot foglalnak el a közvetlen munkahengeres megoldások. Egyszerű felépítésével számos előnyös tulajdonságokat mutat: gyors, könnyen automatizálható, nem kell hozzá hajtómű.

A hátsó ütközőrendszer megvalósítási lehetőségei

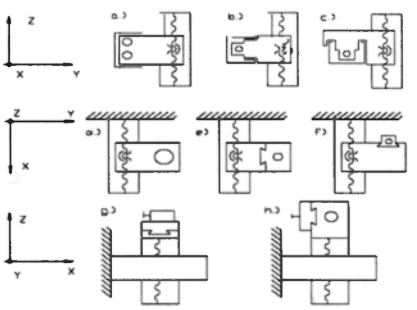
A hátsó ütközőrendszer tervezése során számos megvalósítási lehetőséget vehetünk figyelembe. Az egyes mozgásokat megvalósító egységek jelölései:

- H- híd, amelyen az Y irányú mozgás történik
- F- függőleges, Z irányú állítás egysége
- K- konzol, amelyen az X irányú mozgatást végző szán van.

Változatok balról-jobbra az egymásra építés sorrendjében:

- F-K-H (2.a. ábra),
- ábra),
- F-H-K (2.b. ábra),
- ábra),
- H-K-F (2.c ábra)
- K-F-H (2.f ábra)

A mozgások nagyságát is figyelembe véve a legkedvezőbb megoldások: K-H-F (2.e ábra) és a K-F-H (2.f ábra), ugyanis a többi változattal szemben merevebb kialakításúak lehetnek. A továbbiakban a 2.f ábrán látható megoldást elemezzük.



3.ábra

A K-F-H típusu ütközőrendszerek állvány kialakításai lehetnek

A. Konzolos állvány, amely az asztalhoz vagy az alsó gerendához van erősítve
B. Alulról támasztott önálló állvány az asztalhoz illesztve
C. Oldalra szerelt állvány az asztalhoz illesztve

A konzolos állvány merevségét tekintve konstrukciósan a legkedvezőtlenebb megoldás és a felfogás és a beállítás szempontjából egyszerű. Az adott gépen konzolos felfogást célszerű alkalmazni.

Az X , Y, Z irányú mozgató elemek vezetéke lehet:

Körvezeték, amely lehet sikló körvezeték, vagy golyós körvezeték. Egyenes vezeték, amely lehet egyenes csúszóvezeték, laposvezeték, fecskefark vezeték, vagy gördülő egyenes vezeték. Automatizált ütközőszán vezetékeinek konstrukciós kialakításánál legfontosabb a kettős ütközőhíd befeszülésmentes vezetése, amelyet megfelelő vezetéshosszal és az ütközőhíd kettős vezetékeinek gondos beállításával lehetséges. A vezetékek konstrukciós elhelyezésének lehetőségei:

X irányban sikló vagy gördülő körvezetékekkel (3.a.ábra) egyenes csúszóvezetékekkel (3.b., c. ábra)
Y irányban egyenes csúszóvezetékekkel (3.g., h. ábra)
Z irányban sikló körvezetékekkel (3.d ábra) egyenes csúszóvezetékekkel (3.e., f. ábra)

Célszerű vezetékkialakítások az adott változatnál:

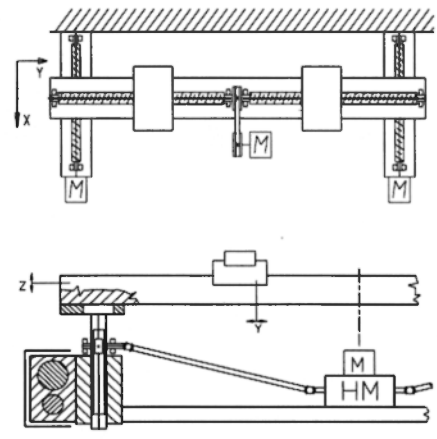
- X irányban 3.a. vagy b. ábra szerint
- Y irányban 3.d. vagy e. ábra szerint
- Z irányban 3.g vagy h. ábra szerint

Figyelembe véve a célszerű vezetékkialakítások összehasonlításánál megállapítható, hogy a K-F-H megoldás merevebb felépítést biztosít, mint K-H-F. A K-H-F megoldás hátránya, hogy Z irányban folytonos automatikus állításnál két külön utazó hajtómű, vagy egyetlen motoros hajtásnál viszonylag bonyolult vonóorsós rendszer szükséges. A K-F-H megoldásnál viszont mivel a függőlegesen állító egység Y irányban nem mozdul el, folytonos állításnál az emelőanyák, vagy a fogaskerék-fogasléc együttes hajtása egyetlen hajtómű és pl. kardántengelyes áthajtás segítségével oldható meg. Az előzőekben említett diszkrét hidraulikus vagy pneumatikus ütközőmagasság állítással a K-H-F változatnál is egyszerűen automatizálható a függőleges mozgatás, amely bár kisebb tartományon belül, de ugyanúgy kielégíti a technológiai követelményeket, mint a folyamatos állítás. Az ütköző függőleges munkaterének kiterjesztése érdekében célszerű folytonos kézi állítással együtt alkalmazni a diszkrét mozgatást.

Figyelembevéve az adott típusú élhajlítógép paramétereit, a megvizsgált lehetőségek közül a következő változat kidolgozása javasolt (4.ábra), kiegészítve azt másodlagos X irányú állítási lehetőséggel és merev egyenes vagy orros vagy kézi vagy gépi kibillentésű ütközőfejjel.

A kiválasztott változat mellett szól:

- egyszerű szerkezeti kialakítás
- jó merevség
- kielégíti a megrendelő igényeit
- viszonylag könnyű kivitelezhetőség
- megfelelő pozícionálási pontosság és sebesség biztosítása
- cserélhető ütközőfejek alkalmazhatóak
- a másodlagos X irányú mozgatás lehetővé teszi a ferde hajlítások elvégzését bizonyos határok között.



4.ábra

Felhasznált irodalom:

[1] Bacskó A. : Élhajlítógép automatikus állításu hátsó ütküzőrendszerének tervezése

[2] Erélyi F., Dr. Tajnafői J., Dr. Jakab E., Zsiga Z. : Tanulmány DEZ, DEC típusjelű lemezhajlító gépcsalád NC és programvezérelt változatának kifejlesztésére.

Bacskó Attila okl. gépészmérnök, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék, 3515 Mlskolc Egyetemváros, Tel: 36/ 46-365-111/19-91

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Volfrámoxid-hidrátok morfológiai jellemzése

Balázsi Csaba

Összefoglalás

Az alábbiakban vizsgált volfrámoxid-hidrát vegyületek ($WO_3.nH_20$) olyan fontos alapanyagok, amelyekből utólagos feldolgozás során karbidokat, keményfémeket, bevonatokat és egyéb stratégiai fontosságú termékeket állítunk elő. Az előállítás során fellépő energiatakarékossági és környezetvédelmi szempontok, a technológiai folyamatokat mindig újraértelmezésre késztetik. Az új előállítási módszerek fellkutatása során fontos a volfrámoxid-hidrát vegyületek (W03.H20, $W0_3.2H_20$, $W0_3.1/3H_20$ stb.) szerkezeti és morfológiai jellemzése, mivel a porrendszerek morfológiai tulajdonságai jelentősen befolyásolják a végtermék viselkedését [1]. Kísérleteinkben mechanikus és elektromos elven működő módszerrel, (SEM, CILAS LaserGranulometer 715, Képelemző szoftver stb.) a különböző termikus körülmények között előállított volfrámoxid-hidrát vegyületek szerkezetét vizsgáltuk. A pásztázó elektronmikroszkóppal való megfigyelésekhez többféle eljáráson alapuló technikával előkészített próbákat alkalmazhuik, így lehetővé vált a próbák pontosabb jellemzése. Eredményeink hozzásegítenek a vizsgált volfrámoxid-hidrát porrendszerek kiértékeléséhez, hatásos módszert ajánlanak avolfrámoxid-hidrát vegyületek elemzésére.

Kísérleti módszer

A volfrámoxid-hidrát vegyületek előállítása volframát oldatokból, S^{o}C és 140°C közötti hőmérsékleteken, kicsapatással történt [2,3,4,5]. A 100°C feletti kísérleteket autoklávban (Parr Instruments, Model 4552) végeztük, ahol 80% nitrogén és 20% oxigén atmoszférát biztosítottunk és a fűtés megkezdése előtt 10 bar nyomást alkalmaztunk. Az előkészített vegyületet 4-5 óráig kevertük (200 ford/perc). A dehidratálás után nyert szuszpenziót centrifugáltuk (5000 ford/perc) és a különvált szilárd részt szárítottuk. Réz katóddal (Cukα sugárzás, λ.=0.154051nm) ellátott Guinier kamrában a pormintákról röntgendiffrakciós felvételeket készítettünk és ASTM adatokkal összevetve meghatároztuk a létrejött fázisokat. Atomabszorpciós spektrofotometrikus mérésekkel (Perkin-Elmer 5000 AAS) nyomon követtük a kristályrácsparamétert befolyásoló szennyező elemeket.

A morfológiai jellemzés módszerei

Napjainkban több mechanikai és elektronikus eljáráson alapuló szemcseméret elemző módszer ismeretes. Az elektronikus úton való kiértékelés általában gyorsabb, a mérési adatok nagyobb felbontását biztosítja, munka és idő megtakarítást jelent a mechanikai (szitafrakció) úton történő elemzésekkel szemben. Ugyanakkor gyakran előfordul, hogy különböző berendezések és mérési módszerek alkalmazásakor a vizsgált porrendszer szemcseméret adatai különböznek. A mérési adatok közötti eltérés azzal magyarázható, hogy az egyes mérési technikák a szemcse alakját különböző módszerekkel határozzák meg. Szemcseméret mérésnél előfordulhat hogy egy szitafrakcióval meghatározott szemcseméret eloszlást hasonlítunk össze mikroszkópos szemcseméret eloszlással amit a részecskék száma határoz meg. A szitafrakción való mérés viszont nem a részecskék száma, hanem tömege szerinti eloszlást adja meg, így köbösen kiemeli a nagyobb szemcséket.

Gömb alakú szemcse méreteinek meghatározása egyszerű feladat mivel a szemcseátmérővel pontosan jellemezhetjük a szemcsét. A legtöbb pormintánál azonban a szemcse alakja nem szabályos. Az ilyen jellegű poroknál a szemcseméret és szemcseméret eloszlás meghatározása a porminta szemcséinek összetett tulajdonságait veszi figyelembe mint például a hosszúság, térfogat, tömeg, a rendeződés mértékét, az össz- vagy kivetített felület, fényszóródási tényező. A mérésekhez u.n ekvivalens gömbszemcse átmérőt számolunk, ami annak a gömbnek az átmérője amit ugyanaz a méret, tömeg, térfogat jellemez mint magát a szabálytalan részecskét. A különböző szemcseméret elemző módszerek csak a gömb alakú szemcsékre adnak azonos eredményeket. Esetenként más és más fizikai törvényszerűségen alapuló mérési módszerek eltérően reagálnak a szemcse alakjának változásaira. Megtörténhet hogy az általunk használt módszer nem pontosabb egy másik módszernél viszont szabatosabb jellemzést ad a számunkra fontos paraméterekről. Ezért a rendelkezésünkre álló berendezéseket értelemszerűen úgy választjuk meg, hogy a mérési eredmények kiegészítsék egymást és így a szemcseméret jellemzőiből következtetni tudjunk a szemcseméretre érzékeny anyag technológiai tulajdonságaira.

A morfológiai jellemzés eszközei

Az előállított volfrámoxid-hidrát porminták morfológiáját és szemcseméret eloszlását pásztázó elektronmikroszkóppal (JEOL 25), lézergranulométerrel (CILAS 715) és képelemző szoftverrel vizsgáltuk. Mivel a hagyományos úton - ragasztott karbonpapírra szórt minta - előállított próbák hiányos vagy kiértékelhetetlen képet eredményeztek ezért desztillált vízes és metanolos szuszpenziókat hoztunk létre (Figl, Fig2, Fig3, Fig4). Minden egyes szuszpenzió létrehozásához a pormintából 2 mg anyagot analitikai mérlegen kimértünk és üvegcsébe helyeztük. Minden üvegcsébe az adagolt pormintához mikropipettával kimért, 200 µl oldószert csepegtettünk. Az üvegcsét kézzel, majd JUMO elektromágneses rázógéppel összeráztuk. Az így nyert szuszpenziókat felöntöttük az előkészített

tuskókra. Ez a próba előkészítési módszer jól elemezhető felvételeket biztosít. Az elektonmikroszkópos mérések

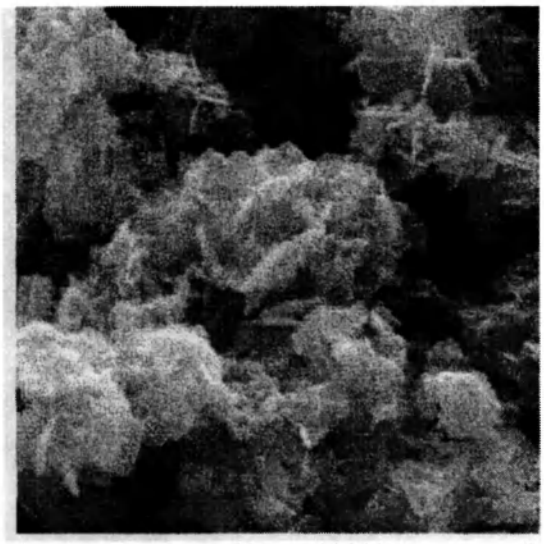


Fig 1. Prímér volfrámoxid-hidrát szemcsék elhelyezkedése a szekunder szemcsék felületén. Az elektronmikroszkópos felvételhez a próbát desztillált vízben preparáltuk.
A kép szélessége 8.5 μm.

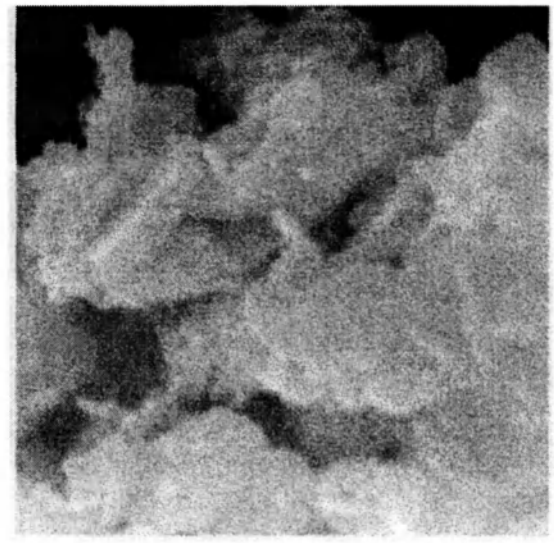


Fig 2. Koagulált prímér volfrámoxid-hidrát szemcsék. Az elektronmikroszkópos felvételhez a próbát metanolban preparáltuk..
A kép szélessége 2.84μm.

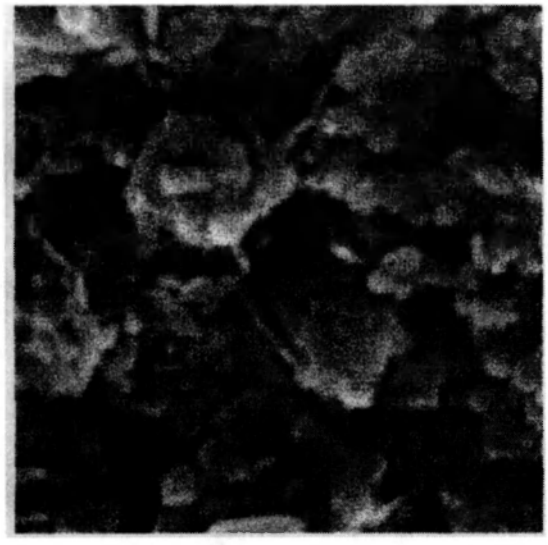


Fig 3.80^{o} C-on kicsapodótt volfrámsav-hidrát, $H_2WO_4.H_2O$ és volfrámoxid-hidrát, W03.H20 kevert fázisok elektonmikroszkópos felvétele. Metanolos próbaelőkészítés.
A kép szélessége 2.84 mμm.

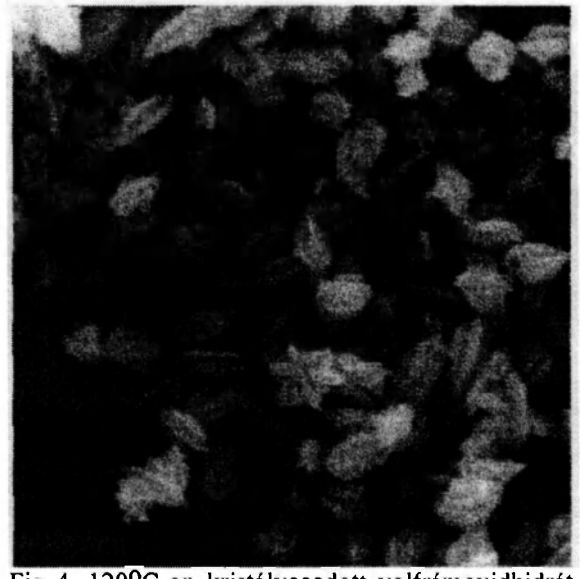


Fig 4. 120°C-on kristályosodott volfrámoxidhidrát, $W0_3.1/3N_20$ elektonmikroszkópos felvétele. Metanolos próbaelőkészítés.
A kép szélessége 4.25μm.

lehetővé tették a prímér volfrámoxid-hidrát szemcsék (<1 μm) megfigyelését a szekunder szemcsék felületén (Figl, Fig2). A porminták szemcseméret és szemcseméret eloszlás meghatározását lézergranulométerrel végeztük. A berendezés 1mW teljesítményű He-Ne lézersugárral (633 nm, vörös

fény) világítja meg a vizsgálókamrát. A pormintát egy átlátszó és a mintát nem oldó szuszpenzióba helyeztük és zárt rendszerben keringtetjük. Fontos a porminta elemzéséhez használt szuszpenzió helyes megválasztása, mivel biztosítanunk kell a semlegességét a szemcsék felületi feszültségére nézve és hogy elkerüljük a szemcsék összetapadása vagy szétbomlása okozta mérési zavarokat. Ezért a poimintát tartalmazó fürdőben ultrahangos rázással választjuk szét az összetapadt szemcséket. Az ultrahangos rázási idő beállításakor ügyelnünk kell hogy elkerüljük a porminta túlzott felaprozódását. A különböző alakú és méretű szemcséken diffraktálódott lézersugarat a fotodetektorra fókuszáltuk és kielemeztük. A CILAS 715 berendezésen végzett lézergranulometriás mérések (mérési tartomány 1-192 μm) eredményei szintén utalnak a prímér szemcsék tizedmikron nagyságú méretére és jellemzik a szekundér szemcsék eloszlását. A képelemző szoftverrel végzett szemcseméret eloszlásra vonatkozó mérések hasonló eredményeket mutatnak.

Eredmények

Kísérleteinkben volfrámoxid-hidrát származékok különböző hőmérsékleteken (S^{o}C-140°C) létrejött morfológiáját vizsgáltuk. Megfigyeltük hogy pontos alaktani jellemzés akkor végezhető ha a pormintán több mérési módszert alkalmazunk, ezáltal kiküszöböltük az egyes mérési technikákat behatároló tényezőket. Kifejlesztettünk egy olyan próba előkészítési módszert ami lehetővé teszi a porminták pásztázó elektronmikroszkóppal való megfigyelését.

Irodalom

[1] Particle Size and Distribution, Metals Handbook-Ninth Ed., Powder Metallurgy vol 7, ASM [2] J.Pfeifer, Cao Guifang, P.T. Buxbaum, B.A Kiss, M. Farkas-Jahnke, K. Vadasdi, Jouinal of Solid State Chemistry 119, 90-97 (1995)

[3] H.Zocher and K.Jacobson, Kolloidchem. Beih. 28, (6),167 (1929) [4] K.Furosawa and S.Hachisu, Sci.Light (Tokio) 15,115-130 (1966)

[5] B.Gerand, G. Nowogrocki, J. Guenot, and M. Figlarz, J. Solid State Chem. 29, *429-434* (1979)

Balázsi Csaba,doktorandusz

Magyar Tudományos Akadémia, Műszaki Fizikai Kutató Intézet, H-1047 Budapest, Fóti út 56, Pf. 76, Fax: 00-36-1-169-8037, E-mail: balazsi a@mufi.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

TERNÉR ALUMÍNIUM ÖTVÖZETEK HOMOGENIZÁLÁSA

Boros Ferenc, Roósz András

ÖSSZEFOGLALÁS

Homogenizációs folyamatok vizsgálatára Al-4Cu-1Si ötvözetet öntöttem azonos méretű szobahőmérsékletű és 400 °C-os kokillába. A kapott darabokat szeleteltük, majd körcikkekre vágtuk. Mindkét darabból három hőmérsékleten (500, 510, 520 °C-on) hat különböző ideig (5, 10, 30, 60, 120, 240 percig) hőkezeltem mintákat. A 400 °C-os kokillába öntött darabból négy mintát (öntött, 520 °C-on 10, 60, 240 percig hőkezelt) Scanning elektron mikroszkóppal vizsgáltunk. A mikroszkóp által kivetített képen a szekunder dendritágakon belül (ahol láthatóak voltak) pontokat jelöltünk ki. Ezen pontokban a mikroszkóphoz hozzákapcsolt energia-diszperzív mikroszondával mértük a réz és szilícium koncentrációt. Az így kapott értékekből számítottam a szilárdoldat átlagos koncentrációját, valamint az átlagkoncentrációtól való abszolút eltérések átlagát a hőkezelés idejének függvényében. A rögzített elektronmikroszkópos felvételeken képelemzővel határoztam meg a másodok fázis mennyiségét. A koncentrációértékek pontos meghatározására a mintákon 100 véletlenszerű helyen mértem a réz és szilícium koncentrációt hullámhossz-diszperzív mikroszondával. Az itt mért értékek statisztikai kiértékelése megegyezik az energia-diszperzív mikroszondás méréseknél alkalmazott módszerrel

BEVEZETÉS

A szerkezeti anyagokként használt ötvözetek legnagyobb része szilárdoldatként kezd kristályosodni. A dermedés végén a nemegyensúlyi kristályosodás következtében a szövetben krisztalliton belüli (mikroméretű) dúsulások jönnek létre.

A felhasználás előtt ezeket az ötvözeteket homogenizálni kell a kedvezőbb tulajdonságok biztosítása érdekében. A homogenizálás célja a kristályosodás után egyfázisú ötvözetben, a dendritágakon belül kialakult koncentrációkülönbség kiegyenlítése. Az ötvözet két fázisa esetén a cél a második, nemegyensúlyi szövetelem visszaoldása, majd a koncentrációkülönbség megszüntetése.

Homogenizáció során a darab hőmérsékletét kevéssel a szolidusz hőmérséklet alá melegítjük. A leggyakrabban használatos szerkezeti ötvözetek ebben a hőmérséklet tartományban termodinamikailag

homogén szilárdoldatként stabilisak. Ezért az egyfázisú szövetben csökkennek a koncentráció különbségek, míg két fázis esetén a termodinamikailag instabil fázis feloldódik, majd az egy fázison belül koncentráció-kiegyenlítődés megy végbe.

Ez a koncentráció-kiegyenlítődés a diffúziós folyamatok eredménye. Mivel a diffúzió sebessége exponenciálisan nő a hőmérséklettel, a folyamat időigényének csökkentése érdekében célszerű a hőkezelést a szolidusz hőmérséklethez minél közelebb elvégezni.

KÍSÉRLETEK

A homogenizálás vizsgálatára 4 tömeg % Cu, 1 tömeg % Si tartalmú alumínium ötvözetet öntöttem két azonos és teljes magasságában álladó átmérőjű hengeres kokillába, azzal a különbséggel, hogy az egyik kokilla 400 °C-ra volt előmelegítve. A szobahőmérsékletű kokillába öntött darab szerkezete a nagyobb hőelvonás miatt finomabb lett (a kiválások vastagsága kisebb és egymáshoz közelebb vannak). A darabokon belül közel egyenletes szerkezet alakult ki.

A próbákból, a tengelyükre merőlegesen 5 mm vastag szeleteket vágtunk, majd ezeket további negyed körcikkekre szeltük. Ezek után, mindkét próbából egy-egy, ilyen módon létrehozott darabot a ternér eutektikus hőmérséklet alatt (525 °C) 5, 15, 25 °C-al különböző ideig (5, 10, 30, 60, 120, 240 percig) hőkezeltem.

1. táblázat

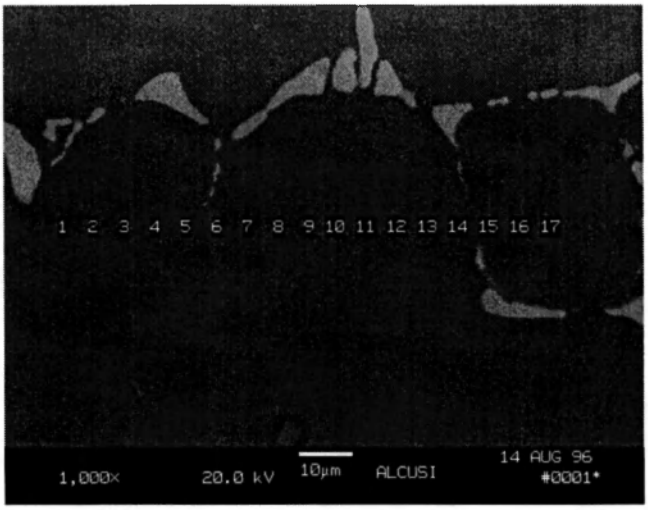
A próbák hőkezelése és számozása

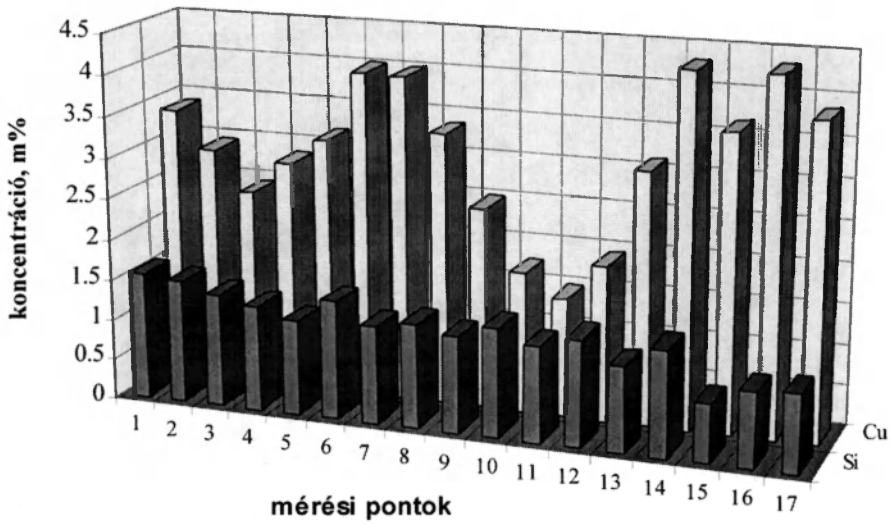
Szobahőmérsékletű kokillába öntött

	500 °C	510 °C	520°C
5 min.	11	21	31
10 min	12	22	32
30 min.	13	23	33
60 min.	14	24	34
120 min.	15	25	35
240 min.	16	26	36

400 °C-os kokillába öntött

	500 °C	510 °C	520 °C
5 min.	41	51	61
10 min.	42	52	62
30 min.	43	53	63
60 min.	44	54	64
120 min.	45	55	65
240 min.	46	56	66





1.ábra

Az elektronmikroszkóppal kijelölt pontok és az ott mért koncentráció értékek

MÉRÉSEK

Előkészítés után, a minták közül négy darabot (1. táblázatban vastagon jelölve) AMRAY 1830 I pásztázó elektronmikroszkópban és a hozzá kapcsolt EDAX energia-diszperzív mikroszondában vizsgáltunk. Az elektronmikroszkóp kivetített képén, a szekunder dendritágakon belül pontokat jelöltünk ki, ahol a mikroszonda segítségével megmértük a réz és szilícium koncentrációját. A kapott koncentráció értékeket a távolság függvényében ábrázoltam (1. ábra). Nyomon követtem a szilárdoldat átlagos ötvöző-

tartalmának, a hőkezelés időtartalma alatt bekövetkezett változását, amely a második fázis feloldódásának következtében a hőkezelés idejének előrehaladtával nőtt. A szilárdoldaton belül kialakult homogenitás jellemzésére, a hőkezelési idő függvényében ábrázoltam a szilárdoldat átlagos koncentrációjától való átlagos abszolút eltérések átlagát. A rögzített elektronmikroszkópos felvételekből, képelemző segítségével mértem a második fázis mennyiségét.

A koncentrációértékek pontosabb meghatározása céljából, a JEOL JXA-5A típusú hullámhossz-diszperzív mikroszondát használtam fel. Ezzel a berendezéssel egy mintán belül 100 véletlenszerű helyen mértem a réz és szilícium koncentrációját. A gyorsító feszültség 25 kV, a mérőáram 10 nA, a mintavételezési idő 40 s volt. A kalibráláshoz négy etalont használtam. Ebben az esetben, a homogenizáltság fokát jellemző paraméter, szintén az átlagtól mért abszolút eltérések átlaga volt.

EREDMÉNYEK

A mérések során kapott eredményekből megállapítható, hogy a finomabb szerkezet gyorsabban feloldódott és homogenizálódott. A mérési adatok kiértékelése során összefüggést állapítottam meg a szerkezet, a hőkezelés ideje és hőmérséklete valamint a homogenizálás mértéke között.

Boros Ferenc, doktorjelölt
Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék / H-3515 Miskolc-Egyetemváros, (36) 46/365-924 / (36) 46/365-924 / femboros@gold.uni-miskolc.hu,
Roósz András / DSc. / egyetemi tanár
Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék / H-3515 Miskolc-Egyetemváros, (36) 46/365-924 / (36) 46/365-924 / femroosz@gold.uni-miskolc.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Volfrám szálerősítésű kompozitok mikroszerkezete

Csepeli Zsolt, Gácsi Zoltán, Kovács Árpád, Buza Gábor

ÖSSZEFOGLALÁS

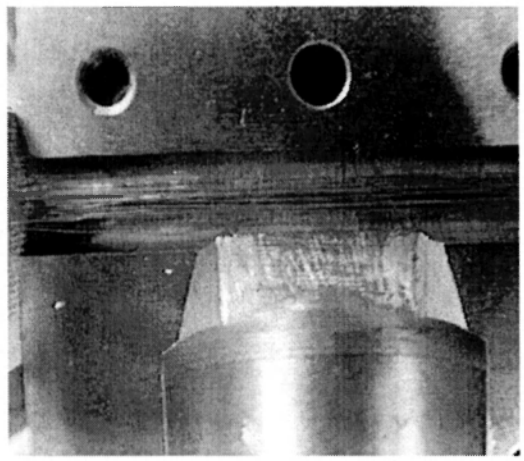
Az OTKA támogatásával folyó kutatómunka célja olyan szálerősítésű kompozit irányított kristályosítással történő előállítása és szerkezetének jellemzése, amelynek mátrixa az erősítő szállal azonos orientációt mutat. A próbadarabok alumínium olvadék volfrám szálas előformába történő infiltrációjával készültek. A kompozitok szerkezetét pásztázó elektronmikroszkópos felvételek felhasználásával jellemeztük.

BEVEZETÉS

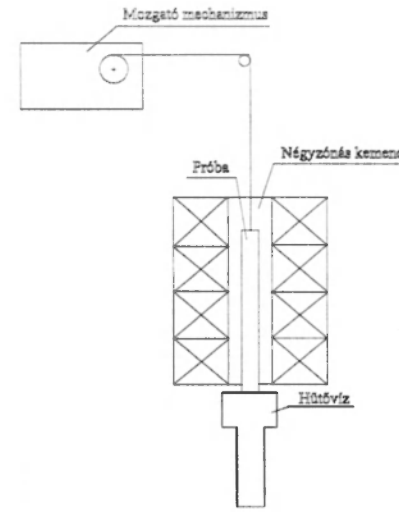
A kompozitok egy fontos csoportját jelentik a folyamatos szálerősítésű anyagok. Az előállítható alkatrészek mérete és alakja korlátozott, előállításukhoz a szokásos alakítási és forgácsolási módszerek rendszerint nem alkalmazhatók. Ennek következtében az ilyen anyagok gyártási költségei továbbra is nagyok. Egyes területeken azonban, például a űr-, repülőgép- és autóiparban rendkívüli tulajdonságokra van szükség és a gazdaságosság kevésbé fontos. Így a fejlesztőmunka bizonyos fokig a jövőben is a legkorszerűbb, szálerősítésű alumínium mátrixú kompozitok anyagtulajdonságainak további javítására irányul [1,2].

A KOMPOZIT PRÓBADARABOK ELKÉSZÍTÉSE

Először olvadék infiltrációval volfrám szálakkal erősített alumínium mátrixú kompozitot állítottunk elő. A kompozit alumínium olvadék előmelegített előformába öntésével készült. Az előformát az 1. ábrán látható módon egy öntőforma két végéhez lézerrel kilyukasztott lemezt erősítve, majd a lemezek kb. 0.2mm átmérőjű lyukaiba 0.1mm átmérőjű volfrám szálakat befűzve kaptuk. Öntéskor az olvadék hőmérséklete 800°C, az előformáé pedig 650°C volt.



1. ábra Volfrám szálas elôforma

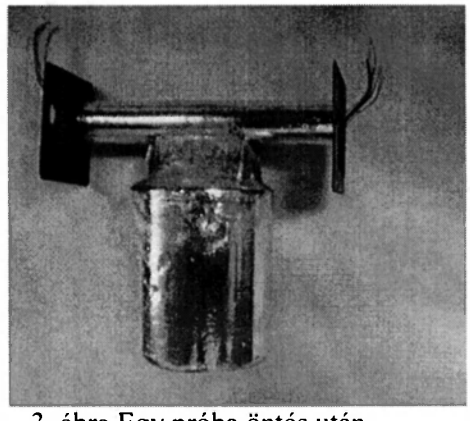


2. ábra A négyzónás kemence vázlata

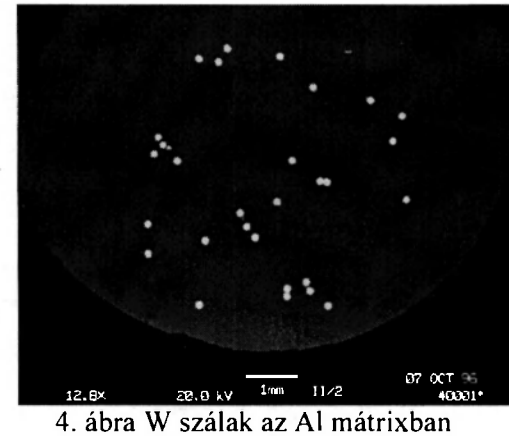
Az irányított kristályosításhoz használt berendezés

Az így elkészített kompozit irányított kristályosításához használt négy zónás kemence rajza az 2. ábrán látható. A kvarc csôben elhelyezett próbát egy tíz sebesség fokozatú berendezés segítségével kantál dróton engedjük le a kemencében. A próba alját a kemence alatt található edényben áramló víz hűtötte, így biztosítva a jelentôs hômérséklet gradiens létrejöttét. A kemence zónáinak hômérséklete egymástól függetlenül szabályozható.

A PRÓBADARABOK SZERKEZETE



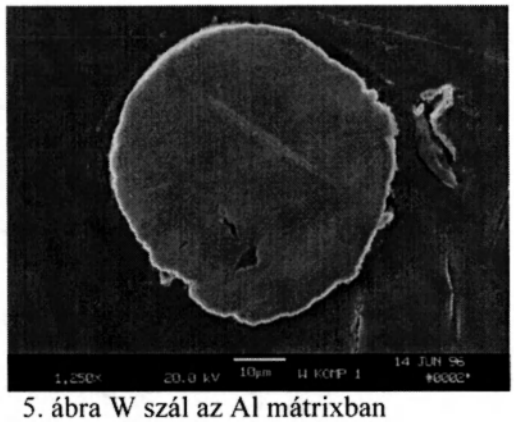
3. ábra Egy próba öntés után
(a Bay Intézetben készített lemezekkel)



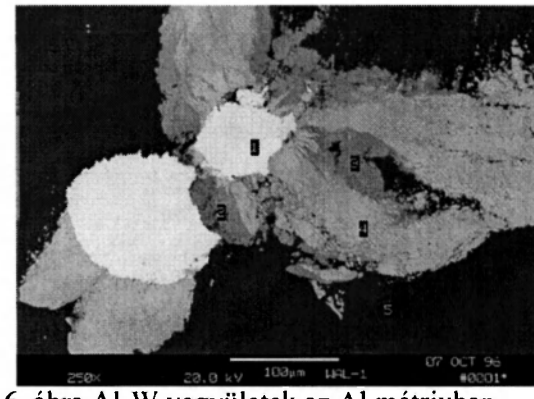
4. ábra W szálak az Al mátrixban
öntés után, SEM, N≈13x

A 3. ábra a volfrám szálas alumínium mátrixú kompozitot mutatja öntés után. A próba két végén a Bay Zoltán Anyagtudományi Intézetben lézerrel kilyukasztott két acél lemez látható. A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételen (4. ábra) jól megfigyelhetôk az alumínium mátrixban rendszertelenül elhelyezkedô volfrám szálak.

Az alumínium olvadék a volfrám szálat jól nedvesíti, öntés során a szál nem károsodik (5. ábra). Átkristályosítás során azonban az erôsítô szálakat hosszabb ideig - kis kristályosodási frontsebesség esetén akár egy óráig is - olvadék alumínium veszi körül, melynek hatására a volfrám szál és az alumínium mátrix vegyületet képez (6. ábra).



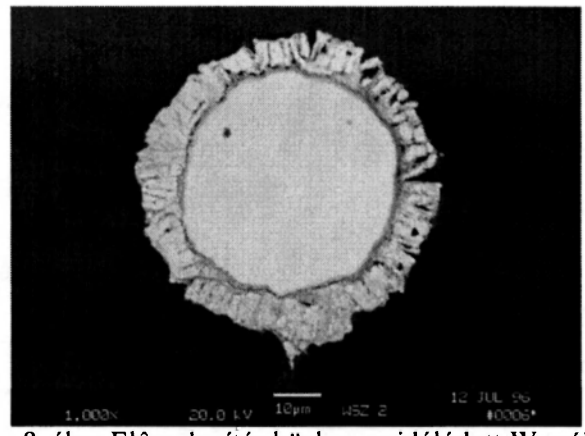
5. ábra W szál az Al mátrixban öntés után, SEM, N=1250x



6. ábra Al-W vegyületek az Al mátrixban átkristályosítás után (v = 0.053 mm/s), N=250x

A szál károsodása többféleképpen is megakadályozható. A szálon bevonat hozható létre, mely megakadályozza a volfrám szál és az alumínium érintkezését. Ebben az esetben a bevonatnak egyszerre kell meggátolnia a szál és a mátrix közötti diffúziót és biztosítani a bevonat és a mátrix közötti jó nedvesítést. E két, egymásnak sokszor ellentmondó feltételnek jól megfelel a TiB_2 bevonat. A másik lehetôség, hogy a kompozit készítéséhez ún. tisztítatlan volfrám szálakat használunk, melyek felületén vékony - néhány tized mikrométer vastagságú - oxid- és grafitréteg van. Az oxidot a szálakon a húzások közötti izzításnál hozzák létre, hogy a húzás során használt grafitos szuszpenzió kenôanyag jól tapadjon. Ez a vékony oxidréteg megakadályozza a volfrám és az alumínium közötti diffúziót, ugyanakkor megfelelô nedvesítést biztosít a szál és a mátrix között (7. ábra). A húzás közben létrejövô oxidréteg nagysága és morfológiája lényegesen eltér a szál túl magas hômérsékleten végzett elômelegítésekor képzôdöttôl (8. ábra). A szerkezet vizsgálatának megkönnyítésére Al-4.2%Cu modell ötvözetet készítettünk, hogy a réz dendritágak közötti dúsulásával a mikroszerkezet a késôbbi kísérletek során jobban láthatóvá váljon.

7. ábra Szál húzásakor oxidálódott W szál irányított kristályosítás után SEM, N=450x



8. ábra Elômelegítés közben oxidálódott W szál irányított kristályosítás után, SEM, N=1000x

Összefoglalás

Az általunk használt eljárás alkalmas alumínium mátrixú volfrám szálas kompozit elôállítására. Az ún. tisztítatlan volfrám szálat az alumínium megfelelôen nedvesíti és a szálon levô vékony oxid- és grafitréteg megakadályozza a szál és a mátrix közötti vegyület képzôdését. A kidolgozott eljárás alkalmas a kristályosodás közben kialakuló szerkezet jellemzésére és a kristályosodás modellezésére, valamint a késôbbiekben a szerkezet és mechanikai tulajdonságok kapcsolatának vizsgálatára.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzôk köszönetüket fejezik ki Magyar Anitának és Merkel Gabriellának az általuk nyújtott segítségért valamint az Országos Tudományos Kutatási Alapnak az anyagi támogatásért (OTKA 16896).

HIVATKOZÁSOK

[1] Lindroos, V. K. ; Talvitie, M. J.: Recent advances in metal matrix composites. Journal of materials Processing Technology, 53. k. 1-2. sz. 1995. aug. p. 273-284.

[2] R. W. Cahn, P. Haasen, E. J. Kramer: Materials Science and Technology, vol. 13, 1993

Csepeli Zsolt, Gácsi Zoltán Ph. D., Kovács Árpád:

Miskolci Egyetem, Fémtani Tanszék, Miskolc-Egyetemváros, 3515, (36) (46) 365-924

Buza Gábor Ph. D.:

Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet, Budapest, 1116, Fehérvári út 130, (36) (1) 4630-505

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Alakíthatósági határdiagram számítása károsodott anyagok esetén

Fülöp Tibor

Tartalmi összefoglalás

A képlékeny alakváltozást behatároló folyamatok közül az egyik legfontosabb az üregesedési károsodás. Ennek eredményeképpen megváltozik az alakíthatóság, a kezdetben összenyomhatatlan anyag összenyomhatóvá válik. Ezen változások elemzésére, illetve a képlékeny alakítás végén kialakuló képlékeny törés megjóslásra új, a képlékeny alakváltozás új elméleti modellezése szükséges. Az elmúlt tíz évben számos elmélet született, az elmúlt években kidolgozott nem-lineáris modellek lehetővé teszik az üregek alakja és térfogat-aránya változásának elemzését. Jelen munka célja a legfontosabb elméleti eredmények áttekintése és a károsodott anyagok alakíthatósági határgörbéjének (FLD) kidolgozása.

Kulcsszavak: Lemezek alakíthatósága, M-K modell, Károsodás, FLD

1. Bevezetés

A károsodott anyagok képlékeny jellemzőinek meghatározása az elmúlt évek egyik fontos problémája volt. Régen ismert az üregesedési károsodás három fő szakasza: az üregek kialakulása, növekedése, egyesülése, ám a folyamat alakíthatóságra gyakorolt hatásának vizsgálatára mindmáig nincs elfogadott elmélet. Az általánosan használt globális törési feltételek számos hátránya miatt - nagy kísérleti igény és elméletileg nem magyarázható állandók bevezetése - egyre inkább előtérbe kerülnek a lokális eljárások, mint például a kontinuum károsodási elméletek. Ezeknek köszönhetően számos eredmény született a lineáris anyagokkal kapcsolatosan. Több, lineáris esetre érvényes eljárás került kidolgozásra, ezek közül az egyik legelfogadottabb a HASHIN - SHTRIKMAN [1] variációs elv. Egyéb modellekkel kapcsolatos összefoglalás található például HASHIN [2] munkájában.

A lineáris esettel ellentétben a nem-lineáris anyagokra vonatkozóan jóval kevesebb elemzés született. A periodikus mikroszerkezettel rendelkező anyagok tulajdonságai határértékmódszerek segítségével számíthatóak, illetve mint például az úttörő GURSON modell [3] esetében, a képlékeny potenciálra vonatkozó általánosított elméletet alkalmazhatjuk. Az elmúlt hat évben PONTE CASTANEDA [4] és

WILLIS az eddigiektől teljesen eltérő módszert javasolt új, nem-lineáris anyagokra érvényes variációs elvek bevezetésével. A következő években ezek segítségével az anyagok számos fajtájának dolgozták ki folyásfüggvényét.

Jelen munkában a károsodott anyagokra érvényes új folyástörvények felhasználásával számítjuk az anyagok alakíthatósági határdiagramját (FLD). A számítások során nem az összenyomható anyagokra kidolgozott JEONG-PAN [5] eljárást alkalmazzuk, mivel ez viszonylag nehezen kezelhető eredményeket ad, így célszerűbbnek tűnik a régebbi NEALE-CHATER [6] elmélet felhasználása. Ez az eredeti Marciniak - Kuzyski modellre épülve lehetővé teszi a porozitás és az üregek alakja FLD-re gyakorolt hatásának elemzését.

2. Az FLD számítása

Miként azt a bevezetésben jeleztük, a továbbiakban a NEALE-CHATER [6] által javasolt eljárást követjük. Az analízis során felhasznált általános folyástörvényt a (3) összefüggés adja meg. A keményedés *(n)* és az alakítási sebesség *(m)* hatását a következő keményedési törvény segítségével írhatjuk le:

$$\sigma_e = k\varepsilon_e^n \dot{\varepsilon}_e^m\}, \qquad (1)$$

ahol *k* anyagállandó. A folyási felület egyenletét a károsodott anyagokra alkalmazható új, variációs elvek segítségével számított elméletek eredményei szerint adjuk meg. Gömb alakú üregek esetén a Ponte Castaneda [4], hengeres esetben a SUQUET [10] és elliptikus esetben a P-CASTANEDA és ZAIDMAN [9] által megadott folyási felületeket alkalmazzuk. Egyszerűen megmutatható, hogy ezek felírhatóak a következő formában:

$$As_1^2+Bs_2^2+Cs_3^2+Ds_1s_2+Es_2s_3+Fs_1s_3=2s_y^2 \qquad (2)$$

Az egyes folyástörvényekhez tartozó állandók egyszerűen számíthatók. Értékük kíséretileg a JONES és GILLIS [8] által megadott egyenletekkel, egyszerű szakítóvizsgálat alapján meghatározható.

Az MK eljárás alapfeltevése szerint feltételezzük, hogy a lemez alakváltozásának kezdetén létezik egy kontrakciós zóna, amely merőleges a legnagyobb főnyúlás irányára. A kontrakció értékét, amely például a felületi érdességgel hozható összefüggésbe [11], x-vel jellemezhetjük. Feltételezzük, hogy a lemez alakváltozásra igaz, hogy:

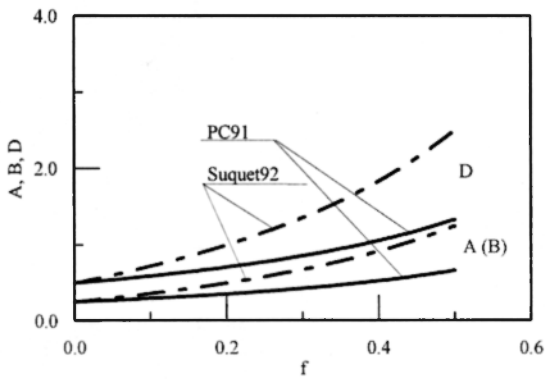
$$r = e_2 / e_1, \qquad (3)$$

ahol e_2 és e_1 a homogén - nem kontrahált - zónában mérhető főnyúlások. Feltételezzük továbbá, hogy a kontrakció vonalával párhuzamos alakváltozások az egyes zónákban egyenlőek:

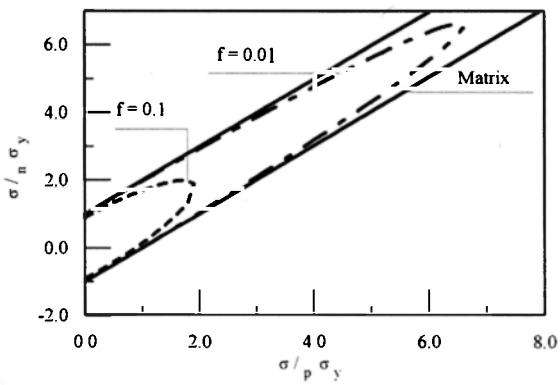
$$e_{2a} = e_{2b}. \qquad (4)$$

A számítások során De_{1b} alakváltozást feltételezve a kontrakciós övezetben számítjuk az ehhez tartozó De_{1a} és De_{2a} értékét. Ezek után a számításokat addig ismételjük, amíg a homogén zónában mérhető alakváltozások elhanyagolhatóan kicsinyek lesznek. A gyakorlatban a számításokat addig folytatjuk, amíg:

$$De_{1a} / De_{1b} < 0.1 \qquad (5)$$



1. Ábra
A porozitás hatása a folyási törvényben szereplő állandókra

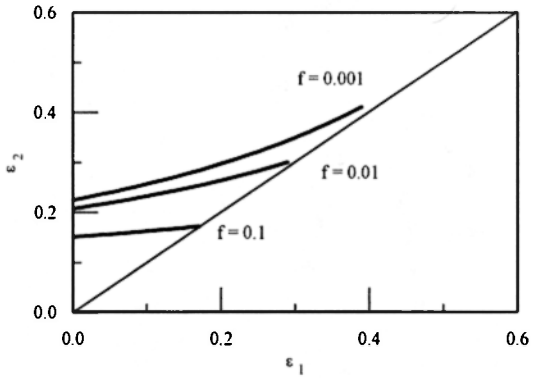


2. Ábra
A porozitás hatása a károsodott anyag folyási felületére - Gömb alakú üregek

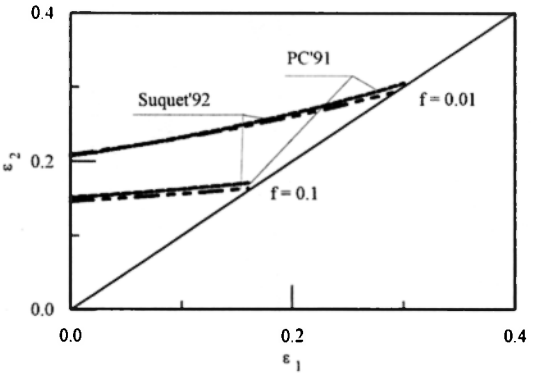
3. Eredmények

A számításokat a Maple V [13] rendszer segítségével végeztük. A keményedési kitevő értékét egységesen n=0.1-nek feltételeztük, a sebesség-érzékenységi kitevőt m=0.01-re vettük fel.

Az általánosított folyási törvény állandóinak elemzése alapján megállapítható, hogy nulla porozitás esetén - *f 0* - az anyagtörvény viszaadja a mátrix tulajdonságait. A porozitás növekedése az állandók növekedését vonja maga után - 1. ábra -. Ez azt jelzi, hogy a képlékeny alakváltozás kisebb terhelések esetén is beköbvekezhet, ami összhangban van a 2. ábrán látható folyási görbékkel. Ezen görbék jelzik egyébként azt is, hogy a porozitás növekedtével az anyagra többé nem igaz a térfogat-állandóság. Az 1. ábra mutatja az üregek alakjának hatását is. A hengeres üregek veszélyesebbek, mint a gömb alakúak, jelenlétükben az alakítási határ nagyobb mértékben csökken. Ez összhangban van a szemlélettel, hiszen a henger alak közelebb áll a repedésszerű alakhoz, mint a gömb. A folyási felületek segítségével meghatározott alakítási határdiagram - FLD - alakja összhangban van az előző megállapításokkal. A 3 ábrán látható a porozitás hatása a lemez alakíthatóságára. A szemlélettel, illetve az előző eredményekkel egyezően, az üregek térfogatarányának növelése az alakíthatóság romlását hozza magával. Hasonló eredményeket mutat a 4. ábra is. Ez alapján is kiemelhetjük az üregalak hatását: a hengeres üregeket tartalmazó anyag FLD-je lejjebb helyezkedik el, mint az ugyanannyi, de gömb alakú üreget tartalmazó anyag FLD-je.



3. ábra
A porozitás hatása az FLD-re - hengeres alak



4. ábra
Az FLD és az alak kapcsolata - gömb (PC'91) és hengeres (Suquet'92) üreg

4.Köszönetnyílvánítás

A kutatási munkát az F019002. sz. OTKA program finanszírozta.

Irodalom

[1] Hashin, J.Appl.Mech., V50, pp.481-505, 1983
[2] Hashin-Shtrikman, J. Mech. Phys. Solids, V11, pp.127-140, 1963
[3] Gurson, J.Engng, Mater. Tech. Trans. ASME, V90, pp.2., 1977
[4] Ponte Castaneda P., J. Mech. Phys. Solids, V40 No.8, pp.1757-1788, 1992
[5] Yeong-Pan, Int. J. of Solids and Structures. V32 pp.3669-3693 , 1995
[6] Neale-Chater, Int.J.Mech.Sci. V22. pp.563-574, 1980
[7] Hill, Math Proc. Cambridge Philos. Soc., 1979, vol.75, pp.179-191
[8] Jones-Gillis, Metall. Trans., V15A, pp. 133-138, 1984
[9] Ponte Castaneda P.- Zaidman, J. Mech. Phys. Solids, V42 No.9, pp.1459-1497, 1994
[10] Suquet, Mech.Res.Commun, 19, pp.51-58
[11] Gronostajski-Zimniak, J. of Mat. Proc. Tech, V32, pp. 263-270, 1992
[12] http://fulop/irix.met.uni-miskolc.hu/~fulop/

Fülöp Tibor, okl. gépészmérnök, DEA,
Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, H3515, Miskolc - Egyetemváros, Miskolc, Magyarország, Tel/Fax: (36-46)-363-929, E-Mail: metft@gold.uni-miskolc.hu, http://irix.met.uni-miskolc.hu/~fulop/

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Lemezalkatrész gyártástervezése végeselemes módszerrel

Fülöp Tibor, Dr. Kiss Antal, Dr. Tisza Miklós

Tartalom

Az új gyártmányok gyors létrehozása a tervezési és gyártási folyamatok növekvő integrációját követeli meg. A CAD/CAM rendszerek megjelenése lehetővé tette a tervezés teljes automatizálását, a gyártószerszám megmunkálásához szükséges NC/CNC program generálását. A termék gyárthatóságáról információt, vagyis technológiai ellenőrzést az utóbbi évtizedekben elterjedt VEM (végeselemes) rendszerek segítségével nyerhetünk. E munka a lemezalkatrészek gyártástervezéséhez, illetve technológiai tervezéséhez a numerikus rendszerek alkalmazásával meghatározható paraméterekről ad rövid áttekintést, egy személygépkocsi alkatrész példáján keresztül.

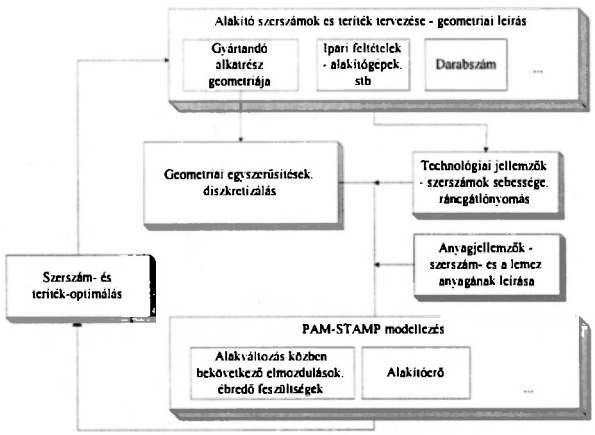
1. Az alkalmazott VEM rendszer jellemzői

A modern tervezési folyamat egyik jellemzője az egyre teljesebb integráció, vagyis egyre több feladatot lehet a modern mérnöki munkahelyeken - munkaállomások segítségével - elvégezni. Ennek a tervezési folyamatnak fontos eleme a gyártástervezés mellett a gyártásellenőrzés, vagyis a technológiai lépések elvégezhetőségének ellenőrzése. Ehhez egyéb módszerek mellett az elmúlt három évtizedben elterjedt Végeselemes - VEM - rendszerek nyújtanak segítséget. Az elméleti fejlesztések, illetve a számítástechnikai kapacitás utóbbi években bekövetkezett fejlődése lehetővé teszik viszonylag egyszerűen kezelhető, gyors eredményt adó, így a mindennapos tervezés során is jól használható rendszerek kidolgozását. Az egyszerű kezelhetőség igénye eredményezte a célszoftverek kialakulását - pl. AutoForge, Forge3 kovácsolás, DYNA3D, PAM-STAMP™* mélyhúzás - modellezésére alkalmas programok megjelenését [1, 2].

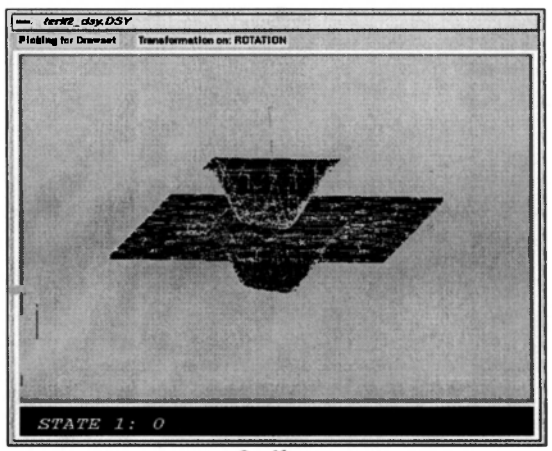
A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéken az elmúlt években folyó, a képlékenyalakítás technológiai fejlesztését célzó kutató - fejlesztő munka eredményeként került installálásra a PAM-STAMP™ végeselemes rendszer. A jelenlegi kutató munka fő célja ezen

rendszer adaptálása a tanszéken kidolgozott szakértői rendszerbe. Rendelkezésre állnak ipari alkalmazási példák is a PAM-STAMP™ alkalmazhatóságának illusztrálására. Ilyen ipari példát, egy személygépkocsi alkatrész technológiai tervezését mutatjuk be jelen előadásunkban, a program által szolgáltatott információk segítségével.

A PAM-STAMP™ feladatspecifikus program [3, 4], legfőbb felhasználási területe a mélyhúzási technológiai folyamatok numerikus ellenőrzése. A mélyhúzás, melynek során vékony lemezt húzunk be bélyeg segítségével egy matricába, mechanikai leírása rendkívül bonyolult. Mivel ez növelve a gyártástervezésre fordítandó időt, jelentősen nehezíti a technológiai tervezését, így a gyakorlati alkalmazhatóságot is rontja, a jelentős autógyárak óriási összegeket költenek a tervezést támogató numerikus szoftverek kifejlesztésére. Jelenleg az ipari gyakorlatban elterjedt rendszerek közül egyedül a térfogati - 3D-s - integrálást végző programok alkalmasak egyes mélyhúzásra jellemző folyamatok - pl. ráncosodás - előrejelzésére. Ilyen rendszer a PAM-STAMP™ is, mely a lemezszerű alkatrészeknél elterjedt explicit megoldási módszerre épül. A program alkalmas bonyolult alakú alkatrészek esetén a mélyhúzhatóság vizsgálatára. Számíthatjuk a tervezett ráncgátló erő hatásait, ellenőrizhetjük a húzóbordák geometriai méreteit, alakját. A tervezés során számos anyagmodellt használhatunk fel, illetve használhatjuk a gyakorlatban elterjedt legfontosabb anyagjellemzőket, anizotrópia tényezőt, alakíthatósági határdiagramot.



1. ábra
A PAM-STAMP™ helye a tervezési folyamatban



2. ábra
A szerszámok diszkretizált rajza

A pontos eredményhez a modellezés kezdetén megfelelő pontossággal meg kell adni a megoldáshoz szükséges geometriai és mechanikai peremfeltételeket. A PAM-STAMP™ esetében a peremfeltételeket dialógusablakokban, a mérnöki tervezési technikának megfelelően, technológiai paraméterek beírásával adhatjuk meg. A geometriai jellemzők a tervezés során kerülnek meghatározásra, és általában a CAD modell tartalmazza ezeket az információkat. Maga a modell nem közvetlenül, hanem a VEM módszer alapelvének megfelelően diszkretizált - hálózott - formában kerül felhasználásra. A diszkretizálást mind a CAD rendszeren belül, mind a PAM-STAMP™ hálózójában el lehet végezni. A két lehetőségre példát a későbbiekben mutatunk. A technológiai

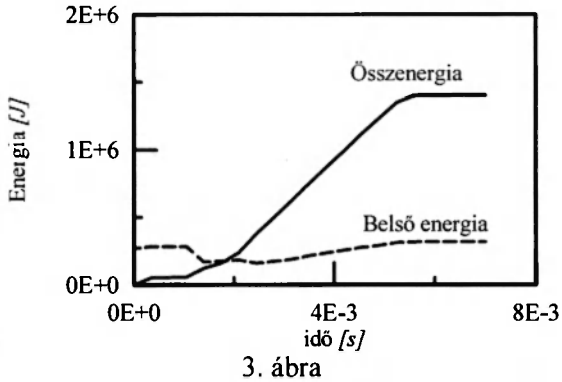
paraméterek megadását a rendszer pre-processzorával végezhetjük. Az eredményeket a PAM-STAMP™ post-processzorával, illetve számos CAD rendszeren belül kiértékelhetjük, ez utóbbi lehetővé teszi a tervezett szerszámok szükség szerinti azonnali módosítását, áttervezését. Az ismételt futtatások lehetővé teszik az interaktív szerszám-, illetve teríték-optimálást. A teljes tervezési folyamat vázlata az **1. ábrán** látható.

2. Alkalmazási példa

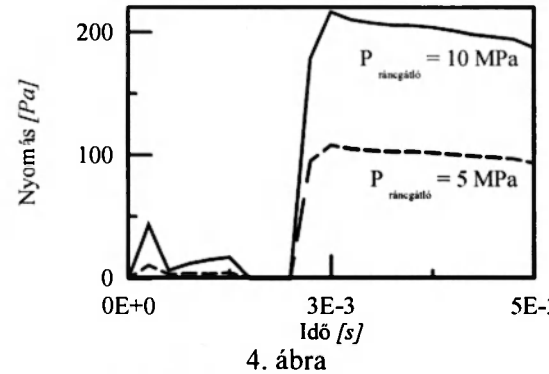
Jelen előadás keretében egy gépkocsi tartóelem tervezésén keresztül mutatjuk be a rendszer használatát. Az alkatrészt a CAD rajz elkészítésekor némileg leegyszerűsítettük, ami lehetővé tette egyes paraméterek egyszerűsített vizsgálatát. Az alkatrész, illetve a szerszámok végeselemes hálói a **2. ábrán** láthatóak. Ugyancsak ez az ábra mutatja a mélyhúzás kezdeti stádiumát.

A program futtatása után a rendszer poszt-processzora lehetőséget teremt az eredmények gyors kiértékelésére. Lehetőségünk van görbék rajzolására, illetve különböző feszültség és alakváltozási értékek eloszlásának meghatározására. A **3.ábrán** a modellezés szempontjából fontos paraméter, a rendszer teljes kinetikai energiájának időbeni változása látható. Mivel a PAM-STAMP™ dinamikus folyamatok modellezésére kidolgozott, explicit megoldó módszert alkamaz, ezért könnyen előfordulhatnak dinamikus instabilitások, lengések. A **3. ábrán** található görbe megfelelően "sima" voltának feltétele, hogy a peremfeltételeket jól adjuk meg.

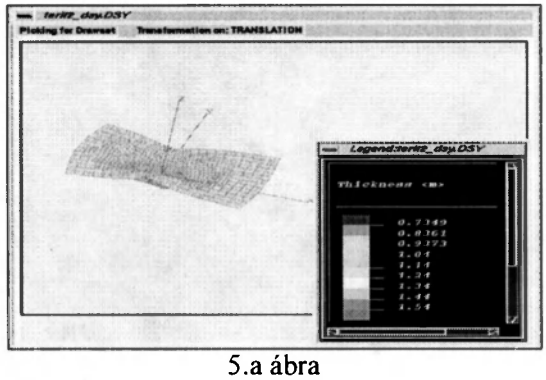
A gyors futás lehetővé teszi, hogy a rendszer segítségével vizsgáljuk az egyes alakítási paraméterek hatását az alakváltozásra. A **4. ábra** két eltérő ráncgátló erő (*10 MPa* és *5 MPa*) alkalmazásával végzett futtatás eredményét ábrázolja, a ráncgátló alatti nyomás időbeni változásának felrajzolásával. Látható, hogy a csökkenő ráncgátlónyomás a lemez peremén is - ahol a vastagodás már számottevő - csökkenő normál irányú nyomást eredményez. A görbék elején tapasztalható gyors változás a ráncgátlónyomás stabilizálódásának idejét jelzi. A tényleges alakítás ez után indult meg. Az **5.ábrán** látható az alakváltozási folyamat két fázisa. Az egyik rajzon feltüntettük a lemez vastagsági értékeinek eloszlását is. Ez jól mutatja a később kialakuló ráncok helyét, illetve azokat a keresztmetszeteket, ahol később a repedés kialakulásának nagy lesz a valószínűsége. A futtatást megismételve eltérő terítékgeometriák alkalmazásával, illetve különböző lemezanyagok figyelembevételével meghatározható lett az a szerszám - teríték geometria, illetve anyagfajta, amelyik lehetővé teszi az alkatrész biztonságos gyártását, illetve megfelelő tartalékot hagy a szerszámelemek kopásához is.



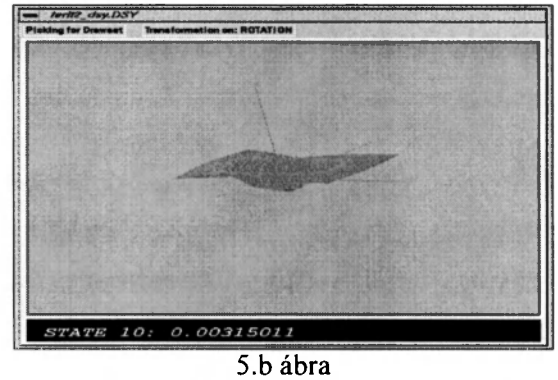
3. ábra
A teljes kinatikai enegia változása az alakítás során



4. ábra
A ráncgátló alatti nyomás változása az alakítás során



5.a ábra
Az alakváltozások eloszlása az alakítás egy közbenső fázisában



5.b ábra
A teríték alakja az alakváltozás egy másik fázisában

3. Irodalom

[1] PÁCZELT I., Bevezetés a végeselemes modellezésbe, Miskolc, **1994**

[2] Massoni, E: *Mise en forme des tôles*, Séminaire de plasticité 13.fej. , Sophia Antipolis, France, **1994**

[3] PAM-STAMP *Reference Manual*, Version 1996 (Level 4.0), PAM-SYSTEM Intarnational, ESI, France, **1996**

[4] PAM-GENERIS *Users Manual*, Version 1995.1, PAM-SYSTEM Intarnational, ESI, France, **1996**

Fülöp Tibor, okl. gépészmérnök, DEA, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, H3515, Miskolc - Egyetemváros, Miskolc, Magyarország

Tel/Fax: (36-46)-363-929, E-Mail: metft@gold.uni-miskolc.hu, http://irix.met.uni-miskolc.hu/~fulop/

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

NÖVELT SZILÁRDSÁGÚ HEGESZTHETÔ ACÉL MARADÉK AUSZTENIT-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA RÖNTGENDIFFRAKCIÓVAL

Hadzsi Gábor, Dr. Tranta Ferenc

Összefoglalás

A nagyszilárdságú hegeszthetô acélok (HSLA) ausztenites állapotból - a gyártási technológia szerint - lehûtve nem a hagyományos módon alakulnak át. Ez az eltérô átalakulási mechanizmus hozza létre azt a tûs ferritet, (acicular) szemcsés bainitet amely a kedvezô tulajdonságokat (500 N/mm^2-nél nagyobb folyási határ) biztosítja.

Az átalakulási mechanizmus megismerése, valamint a szerkezet és a tulajdonságok közötti összefüggés pontos felderítése végett döntô fontosságú a kialakult szövet, a szerkezet minél pontosabb leírása. Ennek egy része annak vizsgálata, hogy az átalakult szövetben marad-e vissza ausztenit, s ha igen mennyi. Erre a kérdésre tud választ adni a röntgendiffrakciós vizsgálat.

Az elôadásban egy ilyen nagyszilárdságú hegeszthetô acél maradék ausztenit tartalmát vizsgáltuk különbözô hôkezelések után.

A maradék ausztenit mennyiségének meghatározása

Acélok maradék ausztenit tartalmának meghatározása jellegzetes esete a röntgenes kvantitatív fázisanalízisnek. A térben középpontos rácsú ferrit mellett a felületen középpontos rácsú ausztenit mennyiségét kell megadni. A mérés során feltételezzük, hogy csak ez a két fázis van jelen. Mivel a vizsgált acél karbontartalma alacsony (<0.15%), az esetleges karbidok mennyisége oly csekély, hogy azt elhanyagolhatjuk. Figyelembe kell azonban venni, hogy a röntgendiffrakció a vizsgált felület néhány μm mélységû rétegébôl ad tájékoztatást, ezért a próbadarabot úgy kell kialakítani, hogy a számunkra fontos felületet tudjuk vizsgálni. Esetünkben a melegen hengerelt és utólagosan hôkezelt próbadarabokat hosszában elvágtuk és a darab közepén végeztük a mérést. A maradék ausztenit mérésekor feltételeztük, hogy a két vizsgált fázis összetétele azonos, így abszorpciós faktoruk is azonos. A nagyszilárdságú hegeszthetô acélok átalakulása során a maradék ausztenit karbontartalma megnô és ez természetesen

hatással van az abszorpciós tényezôre. Ennek a hibának a nagyságára vonatkozóan számítást végeztünk, hogy megállapítsuk mekkora ez a hiba és elhanyagolható-e. A számítások során feltételeztük, hogy a többi ötvözô mennyisége azonos a két fázisban. A számítások eredménye azt mutatta, hogy ha a maradék ausztenitben a karbon 1%-ig dúsul, ez a dúsulás az abszorpciós tényezôt kevesebb mint 1%-kal változtatja meg. Az eredmény alapján a vizsgálat szempontjából a karbon dúsulása elhanyagolható.

A feladat tehát két fázis reflexióinak felvétele és ezek alapján a maradék ausztenit tartalom meghatározása.

A vizsgált anyag és a mérés körülményei

A vizsgálatra használt anyag nióbiummal és vanádiummal mikroötvözött alacsony karbontartalmú acél volt aminek az összetételét az *1. táblázat* tartalmazza

1. táblázat

Otvözôelem	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	V
Mennyiség (%)	0.14	1.35	0.49	0.022	0.008	0.040	0.011	0.047

A hôkezelt próbadarabok mérete 10x10x55 mm, a vizsgált felület a darab közepén lett kialakítva. Az izzítást 1150°C-on végeztük, az ausztenitesítés ideje 5 perc volt. Háromféle sebességgel - 2.5, 6.8, és 16.5°C/s- hûtött darabon végeztünk mérést, két esetben -2.5 és 6.8°C/s hûtési sebességnél- a darab kereszt és hosszmetszetét, 16.5°C/s sebességnél a hosszmetszetét vizsgáltuk. Referenciaként megvizsgáltunk egy 1150°C-on hôkezelt, 6.8°C/s sebességgel hûtött, 460°C-on megeresztett darabot is.

A mérést Seifert FPM gyártmányú HZG 4 goniométerrel végeztük, kobalt csôvel. Az alkalmazott feszültség 30kV, áramerôsség 30 mA volt. Az adatgyûjtési idô 20s volt.

A mérési adatokat a berendezést mûködtetô APX-63 programmal dolgoztuk fel.

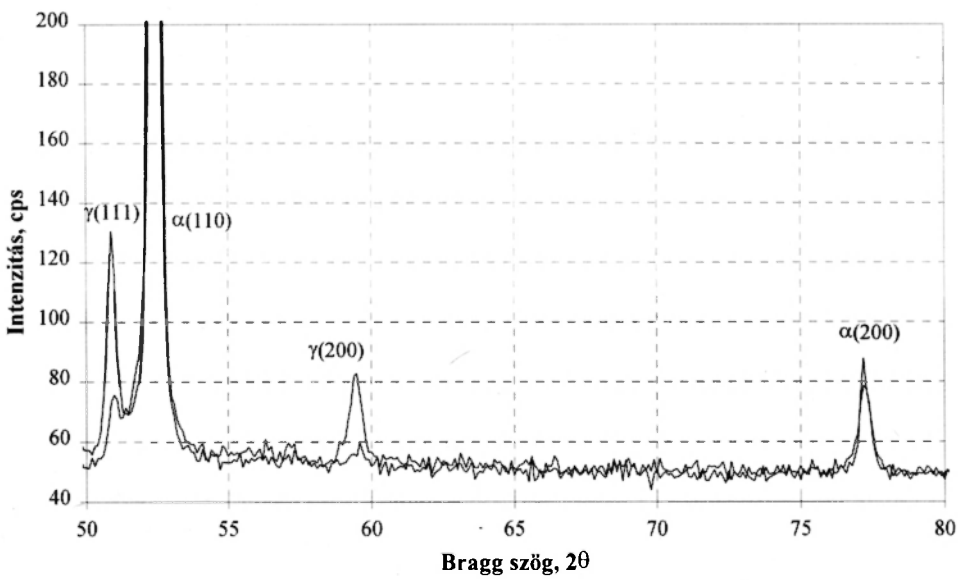
Mérési eredmények

A mérési eredmények azt mutatták, hogy az alacsony karbontartalom ellenére egyes esetekben jelentôs mennyiségû maradék ausztenit fordulhat elô a vizsgált anyagban. A számszerû eredményeket a *2.táblázat* tartalmazza.

2. táblázat

Próbadarab	Maradék ausztenit (%)
1150°C/2.5°C/s hosszmetszet	6.19
1150°C/2.5°C/s keresztmetszet	3.12
1150°C/6.8°C/s hosszmetszet	14.78
1150°C/6.8°C/s keresztmetszet	9.27
1150°C/16.5°C/s hosszmetszet	14.14
1150°C/16.5°C/s + 460°C hosszm.	-

Az eredményekbôl látszik, hogy a két nagyobb lehûlési sebességnél nagy mennyiségû maradék ausztenit jelentkezett. Egy kis és egy nagy maradék ausztenit tartalmú próba reflexiói az *1. ábrán* láthatóak. Az eredményekbôl az is látszik, hogy jelentôs különbség adódott a próba kereszt- és hosszmetszetén mért értékek között is. Ez az eltérés a magas hômérsékletû hôkezelés ellenére kialakuló textúrára enged következtetni, ami a kiértékelés során igazolást is nyert. A kiértékelô program ugyanis a maradék ausztenit meghatározás mellett regressziót is végez, vagyis kiszámítja, hogy a különbözô síkok esetén az integrált intenzitásoknak milyen nagyságúaknak kellene lennie izotróp anyag esetén. Összehasonlításul végeztünk egy mérést a 6.8°C/s hûlési sebességû darabból kialakított pormintán is. Megállapítható, hogy a pormintán jelentôs textúra nem tapasztalható. A textúrára jellemzô adatokat a *3. táblázat* tartalmazza. A táblázatban IO a mért, IC a program által izotróp anyagra kiszámított intenzitást jelöli



1. ábra

Nagy és kis maradék ausztenit tartalmú próba reflexióinak részlete

3. táblázat

1150°C/ 6.8°C/s	hkl	I0	IC	(I0-IC)/I0/%	RA %
Hosszmetszet	110	523.4	299.6	42.75	14.78
	200	21.9	40.68	85.75	
	211	41.9	86.9	107.3	
Keresztmetszet	110	157.0	155.78	0.78	9.27
	200	14.6	21.15	44.85	
	211	51.2	45.16	11.8	
Por	110	58.4	61.98	6.12	-
	200	8.8	8.41	4.39	
	211	22.2	17.97	19.07	

A táblázatból látható, hogy hosszmetszetnél mindhárom vizsgált ferritcsúcsnál elég jelentôs eltérés mutatkozik a mért és számított intenzitások között. Keresztmetszetnél ez az eltérés csak a (200) síksorozatnál számottevô, míg a pormintán ilyen mértékû eltérés nem tapasztalható. Ez az eltérés a vizsgálat pontosságát befolyásolhatja, az azonban biztosan megállapítható, hogy bizonyos körülmények között jelentôs mennyiségû maradék ausztenit alakulhat ki ilyen alacsony karbontartalmú acélokban is.

Hadzsi Gábor doktorandusz
Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet Fémtani Tanszék, Miskolc-Egyetemváros 3515
Tel/Fax:(36) (46) 365-924 , E-mail: femmano@gold.uni-miskolc.hu
Dr. Tranta Ferenc tanszékvezetô, egyetemi docens
Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet Fémtani Tanszék, Miskolc-Egyetemváros 3515
Tel/Fax: (36) (46) 365-924, E-mail:femtran@gold.uni-miskolc.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A foszfor adalék hatásmechanizmusának vizsgálata a volfrámütrioxid hidrogénes redukciója során

Hegedűs Éva

Összefoglalás

A foszfor szennyezés egészen különleges szerepet tölt be a volfrám redukció kémiájában, hiszen a keletkezô volfrám fémporokban mindig jelentôs mennyiségű foszfor található, valamint már aránylag kis koncentrációban található foszfor segítségével a volfrám-dioxid fázis kikerülésével üzemi körülmények között is lehetséges béta-volfrám elôállítása. A béta-volfrám az alfa-volfrám alacsonyhômérsékletű megjelenési formája [1], melynek keletkezési körülményeit különbözô adalékok hozzáadásával befolyásolni lehet.

Kísérleteink kiinduló anyaga 0.5% foszfortartalmú ammónium-volfrám-oxidbronz volt, amit különbözô H_2O-tartalmú hidrogén gázban adott hômérsékleten béta-volframmá redukáltunk. Megfigyeltük, hogy foszfor hozzáadásával nem csak a beta-volfrám keletkezési hômérsékletét és stabilitását növelhetjük, hanem mód van a WO_2-nek magasabb oxidban történô nukleációjára, aminek következtében az anyag morfológiája is jelentôsen megváltozik; az üzemi gyakorlatban elôforduló WO_2-re jellemzô ún. karfiol alakzat helyett csillagszerű formák jönnek létre, melyek mérete egyértelmű hasonlóságot mutat a belôlük nyerhetô fémpor szemcsékkel.

Kísérletek

Korábban a hidrogénes redukciót két szakaszban végezték. A redukció elsô szakasza a WO_2 keletkezését megszakítva ért végett, amikor szabaddá váltak az adalékok vegyületei, melyek addig

volframbronzok formájában kötve voltak [2, 3]. Többnyire ebben a fázisban dôlt el, hogy milyen diszperzitásból indulhat el a hatékony adalékbeépülés a redukció befejezô szakaszában, ezért az itt bekövetkezô, illetve szándékosan végrehajtott változtatások jóval döntôbbek a keletkezô fémpor tulajdonságai szempontjából, mint a redukció második szakaszában, ahol a végtermék túlnyomóan α-volfrámból áll.

Kutatásunk a hidrogénes redukció fentemlített elsô szakaszára irányul, ahol azokat a folyamatokat vizsgáljuk, melyek a fémporszemcsék belsejébe kerülô adalékzárványok méretét, eloszlását és összetételét befolyásolják. Ezen folyamatok közül vizsgálataink a WO_2 keletkezésének három lehetséges módjára irányultak, melyeket a következô pontokban ismertetünk.

1. 700C alatt általában nincs WO_2-gócképzôdés heterogén szilárdfázisú reakcióban, ezért WO_2 csak úgy tud létrejönni, hogy elôbb -volfrám keletkezik és ez nagy reakcióképességénél fogva reagál a még nemredukálódott kék oxiddal, aminek következtében WO_2 és -volfrám keletkezik. Az itt leírt folyamat egy meghatározott hômérséklettartományban megy végbe.

2. Elôfordul azonban olyan eset, amikor a fentemlített hômérséklettartományt elérve a vizsgált anyagunk már egyáltalán nem tartalmaz redukálatlan kék oxidot. Az így végbemenô folyamat eredményeként WO_2 keletkezésének kimaradásával közvetlenül aprószemcsés β-, ill. α-volfrám fémpor keletkezik. Ez üzemi körülmények között a teljes anyagra vonatkozóan nem fordul elô, lokálisan azonban van rá lehetôség, aminek következtében az anyagban kisebb-nagyobb rögök jönnek létre, melyek igen apró (mikronos, illetve szubmikronos) -volfrám szemcsékbôl épülnek fel. Ezek mérete még az -volfrámmá történô átalakuláskor is megmarad; jelenlétük szinterelési puffadáshoz vezet.

3. A WO_2 keletkezésének harmadik lehetséges útja, amikor a WO_2-nek magasabb oxidban való nukleációjára mód van. Ezt a nukleációt idegen anyagok (K, Al, Si, P) hozzáadásával befolyásolni lehet, ezáltal az anyag morfológiája is jelentôsen megváltozik. Mivel korábbi kísérleteinkben különösen ideális modelanyagnak bizonyult a H_3PO_4-al adalékolt kék oxid, ezért ennek segítségével mutatjuk be a WO_2 képzôdésének egy érdekes formáját. A kísérleti paramétereket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

A 0.5% P-tartalmú ammónium-volfrám-oxidbronz redukciójának kísérleti paraméterei

Minta	T [°C]	T_h[°C]	Idô [perc]
1.	780	76	30
2.	780	65	30
3.	812	74	30
4.	745	56.5	330

Eredmények

A WO_2 nukleációját H_3PO_4 adalékkal vissza lehet szorítani, ezáltal az csak magasabb hômérsékleten, nagyobb vízgôztartalomnál indul be és a keletkezô termék morfológiája lényegesen megváltozik; az üzemi gyakorlatban leginkább elôforduló "karfiol" alakzat helyett csillagszerű formák jönnek létre. A morfológiai elemzéseket pásztázó elektronmikroszkóp segítségével végeztük, az így elkészített felvételeken természetesen nem láthatóak a színek, ezért megemlítjük, hogy optikai mikroszkópon az alaptömb (ammónium-volframbronz (AWB), ill. $W_{20}O_{58}$) mélykék, a WO_2 kristályhalmazai pedig sárgarézszínűek voltak. Megfigyetük, hogy a nagyobb, göröngyösebb felületű fémporszemcsék morfológiája és mérete egyértelmű hasonlóságot mutat a keletkezô WO_2 csillagokéval, így azok mérete szinte teljesen meghatározza a végtermékként kapott fémpor szemcseméretét. A végtermékben találtunk még néhány kisebb méretű szabályos kockát is, ami arra utal, hogy azok nagy valószínűséggel β-volfrámon keresztül alakultak ki, azaz a WO_2 keletkezése elôtt a 2. pontban leírtaknak megfelelôen játszódott le a folyamat.

Összefoglalás

A fenti munkában ismertetett három eset a keletkezett közbensô termék morfológiai sajátságaiból azonnal felismerhetô, amint azt a poszteren feltüntetett ábrák is mutatni fogják, melyek fôleg a 3. folyamatra vonatkozó példákat tartalmazzák majd, mivel azok az üzemi gyakorlat számára a legkevésbé ismertek. Megfigyeléseink rámutatnak arra, hogy ha a volfrám végtermékek képlékenységénél mutatkozó hibák okát a technológiai műveletsor elején keressük, akkor a közbensô átalakulási termékek minôsítésénél a WO_2 keletkezési módját is mindenképpen figyelembe kell venni

Megállapítottuk, hogy a WO_2 nukleációját H_3PO_4 adalékkal vissza lehet szorítani, ezáltal az csak magasabb hômérsékleten, nagyobb vízgôztartalomnál indul be és a keletkezô termék morfológiája lényegesen megváltozik; az üzemi gyakorlatban leginkább elôforduló "karfiol" alakzat helyett csillagszerű formák jönnek létre. Megfigyeltük, hogy az ily módon keletkezô WO_2 csillagok mérete szinte teljesen meghatározza a végtermékként kapott fémpor szemcseméretét.

Az eddigi ismeretek alapján tudjuk [4], hogy káliummal adalékolt volfrám-oxidok hidrogénes redukciójánál az ún. szekunder béta-volfrám kálium-volfrámbronzból keletkezik. Felvetôdött a gondolat, hogy megvizsgáljuk más idegen anyagok jelenlétének hatását a volfrám hidrogénes redukciójára, különös tekintettel a béta-volfrám keletkezési körülményeire. Foszforral sikerült olyan röntgentiszta szekunder béta-

W elôállítása, amely $p(H_2O)/p(H_2)=0.03$ mellett 780°C-on keletkezik, átlagos szemcseméretе mindössze 1.5-2.0 μm, alfa-volframmá történô átalakulási hômérséklete 810°C. Foszfor adalék segítségével tehát nemcsak a béta-volfrám keletlkezési és átalakulási hômérsékletét sikerült megnövelni, hanem sikerült egy olyan hexagonális volfrámbronzot is elôállítani, amely 750°C-on még stabil. Eddigi ismereteink szerint a legstabilabb kálium-, ill. rubídium-volfrámbronzok mindössze 600°C-ig voltak stabilak

A fenti munka a T16597, valamint a T020912 számú OTKA támogatásával készült.

Irodalom

[1] G. Manella, J. O. Hougen: J. Phys. Chem. (1956) 60, 1148. old.
[2] Neugebauer J., Hegedüs A. J., Millner T.: Z. Anorg. Allg. Chem., (1958) 293, 241. old.
[3] Neugebauer J., Hegedüs A. J., Millner T.: Z. Anorg. Allg. Chem., (1959) 302, 50. old.
[4] Neugebauer J.: Acta Technica Ac. Sci. Hung. (1974) 78, 267. old.

Hegedűs Éva, Ph.D. doktorandusz, Magyar Tudományos Akadémia, Müszaki Fizikai Kutató Intézet, H-1047 Budapest Fóti út 56. , Fax: 00-36-1-169-8037

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

NEMEGYENSÚLYI SZILÁRD FÁZISOK LÉTREHOZÁSA

Juhász Nóra

ÖSSZEFOGLALÁS

Elmondható, hogy napjainkban az anyagtudományban az egyik legnagyobb érdeklődésre számot tartó terület a nemegyensúlyi rendszerek vizsgálata lehet. Erre nyílik lehetőség azoknak a kutatásoknak az elvégzésével is amelyek a mechanikus ötvözésnek, mint az egyik lehetséges előállítási módszernek a megismerésére irányulnak.

Ebben a témában több szerző végzett már kutatásokat, de ennek ellenére nincs egy egységesen kialakult nézet a mechanizmus során lejátszódó jelenségek részleteit illetően, habár maga a folyamat a kutatók többségénél egységes képet mutat. A kutatás további irányvonalaként vázolható az a lehetőség, amely a "mechanikus ötvözet" tulajdonságainak az egyes fázisokhoz való hozzárendelését célozza. Ezzel megvalósítható, hogy a kívánt mechanikai tulajdonságokhoz a kellő technológia hozzárendelhető.

BEVEZETÉS

A szilárdtestek kutatásában jelenleg az egyik legjobban kutatott terület a nemegyensúlyi rendszerek fizikája. Ezen a területen az anyagok viselkedéséről olyan új ismereteket szerezhetünk, melyek jól alkalmazhatók új anyagok előállításához. A kihívás az új anyagok előállításával szemben napjainkban már nemcsak az űrkutatás és a haditechnika területére korlátozódik, hanem a polgári alkalmazások köre is kibővült ezekkel az anyagfajtákkal. Nagyszilárdságú, viszonylag kis sűrűségű, jó korróziós és kopásálló tulajdonságokkal rendelkező anyagok, amelyeket magashőmérsékleti mechanikai tulajdonságai is kitüntetik. A hagyományos anyagokhoz képest, csak speciális, új technológiákkal állíthatók elő. Ezek közül az egyik új ág, ami napjainkban az egyik legnépszerűbb, a mechanikus ötvözési eljárás. Előadásom célja összefoglalni a témakörben szerzett ismereteket, és a további kutatások lehetséges útját vázolni.

NEMEGYENSÚLYI RENDSZEREK LÉTREHOZÁSA

Az elmúlt egy-két évtizedben világszerte elterjedt ez az új módszer a nemegyensúlyi rendszerek előállítására. A mechanikus ötvözés iránti érdeklődést messzemenően indokolják az eljárással előállítható különleges anyagfajták. Ezek tudományos vizsgálata révén olyan anyagtudományi ismeretekre tehetünk szert, amelyek megszerzése más módon nincs lehetőségünk. A mechanikus ötvözés alkalmával olyan, a gyakorlatban is felhasználható tapasztalatok birtokába juthatunk amelyek speciális igényeket kielégítő anyagok tervezése és előállítása terén jól hasznosíthatók.

A mechanikus ötvözés terén, a tudományos érdeklődés szempontjából a legnagyobb előnyt az biztosítja, hogy olyan szilárd fázisú vegyületek is előállíthatók, amelyek más módszerekkel csak nehezen, vagy egyáltalán nem hozhatók létre. Léteznek olyan vegyületek, melyek összetevői olvadék állapotban sem vegyülnek egymással, vagyis nem keverhetők össze homogén olvadékká. Ez esetben a szilárd állapot vizsgálata szóba sem jöhet. Hasonlóan, problémát jelenthet egy olyan szilárd fázisú keverék előállítása, amelynél olvadék állapotban ugyan fennáll a keveredés, de a nagyon eltérő olvadáspontok miatt, megszilárduláskor a két elemi anyag szétválik. A mechanikai ötvözés révén ugyanolyan, vagy hasonló, nem egyensúlyi állapotok hozhatók létre pl. amorf állapot, mint (ultra-) gyors hűtéssel, párologtatással stb. Itt azonban a metastabil reakciók teljes mértékben szilárd fázisban játszódnak le.

ALAPJELENSÉG

Mechanikus ötvözésen egy olyan folyamatot értünk, amelyben energia-bevitel hatására erős deformációk lépnek fel az ötvözendő porszemcséken, melynek hatására felaprózódási és hideghegedési folyamatok mennek végbe, folyamatosan egymás után, egymás mellett. Ezen folyamatok adott időintervallumban fenntartott egyensúlya biztosítja a végtermék speciális mikroszerkezetét és "egyanyagúságát".

J. S. Benjamin (1971) szabadalmában a "mechanikus ötvözet" fogalmát az alábbiak szerint definiálta: por formájú összetevők "pluralitása", amelyben az összetevőkből legalább egy, nyomással deformálható. Ennek a komponensnek a jelenléte biztosítja a megfelelő kötést vagy egyesülést. Maga a folyamat a rendszerbe bevitt mechanikai energia révén, az ismételten fellépő erők hatására bekövetkező összehegedések, kötődések kialakulásával jön létre. Ezek az "öszzekapcsolódások" történhetnek az egyes komponensek között saját magukkal, a másik komponenssel, illetve az eljárás során kialakult egyéb fázisokkal.

A mechanikus ötvözés megvalósítása

A mechanikus ötvözést, a por alakban jelenlévő komponensek mechanikus őrlésével, vagy másképpen energetikus őrlésével valósíthatjuk meg. Ezt az eljárást általában vertikális elrendezésű

speciális golyósmalom végzik, az úgynevezett Szegvári (A. Szegvári 1956) féle attritorban. A berendezés nagy energiával működtetett golyós malom, amelyben a töltetet az őrlőgolyók és az ötvözendő por alkotják. A malom fala dupla köpenyű és vízzel hűtött, aminek célja az eljárás során keletkező jelentős nagyságú hőenergia csökkentése - ami egyrészt az ütközésekből másrészt pedig a keletkező tiszta fémes felületek oxidációjából származik - amely adott esetben robbanáshoz is vezethet. Az őrlés folyamata egy függőleges keverőtengely gyors (>>100 1/min) forgatásával valósítható meg, amely a bevitt energiát a nagy tömegű golyók kinetikus energiájává alakítja át.

A golyók szerepe az ütközések során kettős:

1, a közéjük került elemi por szemcséket összetörik
2, a fellépő nyíró erők hatására, erős dörzsölési mechanizmus révén hideg hegedést hoznak létre az elemi porszemcsék között.

A mechanikus ötvözést általában inert gáz atmoszférában végzik. A védőgáz használata azt a célt szolgálja, hogy a folyamat során a felületi oxidációt megakadályozzuk.

Erre több szempontból is szükség van:

- a folyamat során keletkező jelentős hőmennyiség csökkenthető,
- megakadályozható a felületi oxidhártya keletkezése. Ez két szempontból is fontos, ugyanis a hártya akadályozza az összehegedés folyamatát, valamint rontja a végtermék - mechanikus ötvözet - minőségét is.

A mechanikus ötvözés ezen két folyamat megfelelő egyensúlyának létrehozásával valósul meg.

A őrlési folyamat idő és energia betáplálás függő. Az őrlést tehát megfelelő ideig és megfelelő energia betáplálás mellett kell végezni. Véleménye szerint a mechanikus ötvözés folyamata csak nagy energiájú malmokban valósítható meg. Ennek ellenére elmondható, hogy az alapmechanizmusnak a működése más elrendezésű őrlő berendezésekben is megvalósítható, de ezekben az esetekben az őrlési idők így nagyságrenddel nőnek, és a hatásfok is nagyon kicsi. Ugyanezek vonatkoznak a laboratóriumi őrlőberendezésekre is, ahol nagyon kicsi mennyiségű anyag állítható elő több hetes őrlési idő után.

Mechanikus ötvözési folyamatnak leírása

A mechanikus ötvözés, mint mechanizmus, összehegedési, feltöredezési és újrahegedési folyamatok folytonos, egyensúlyi és egyidejű létezése. A mechanizmus egyes fázisairól, a fázisok sorrendjéről eltérő vélemények alakultak. Az irodalomban a mechanikus ötvözés folyamatára vonatkozóan nincs elfogadott nézet.

A R. Sundaraseran és F. H. Froes szerint a teljes folyamat négy jól elkülöníthető fázisra osztható fel, melyek a következők:

- A kiinduló összetevőkből intenzív hideg hegedési folyamat révén réteges, keverék részecskék alakulnak ki. A hideg hegedés dominál.
- A lamellás szerkezetű részecskék gyors felaprózódása és újrahegedése megy végbe, melynek eredményeként már mikroszkopikus méretekben sokkal finomabb szerkezetű részecskék keletkeznek.
- Lelassult hideghegedési folyamat játszódik le, miközben a részecskékben a lamellás szerkezet egyre finomabbá és összetettebbé válik. Az egyedi részecskék összetétele a keverék összetétele felé tart.
- Az anyag a végső állapotába kerül, a folyamat befejeződik. A szemcsék teljesen deformált, metastabil szerkezetűek, ami azt jelenti, hogy az anyag mikroszerkezete végtelenül finom és homogén.

J. S. Benjamin (1976) magyarázata a mechanikus ötvözés folyamatáról kissé eltér a fenti szerzőkétől. A folyamat első lépcsőjeként egy plasztikus deformációs szakaszt különít el. Az elemi részecskék ellapulnak, valamint atomosan "tiszta" felületek képződnek. A tiszta fémes felületek találkoznak egymással az ütközések alatt és ezek összehegedésre képesek. Megfigyelései szerint az első szakaszban az elemi porszemcsék még lágy állapotban vannak, a domináns folyamat az összehegedés. Ennek megfelelően az eredeti szemcseméreteloszlás kiszélesedik, nő az átlagos szemcseméret. Ez egyes szemcsék esetében akár a 3-5-szörös növekedést is jelenti. A rendszerbe vitt deformációs munka hatására a szemcsék felkeményednek és további deformáció hatására töredeznek. Ebben az állapotban következik be, hogy az összehegedés és feltöredezés folyamatai kezdenek egyensúlyba kerülni. Ebben a fázisban az eredő szemcseméret egy keskeny sávon belül állandó marad. Ettől kezdve az ötvözési mechanizmus leírása megegyezik R. Sundaraseran és F. H. Froes által elmondottakkal.

Y. Tada és T. Sato (1988) tapasztalatai a szemcseméret eloszlásról szintén eltér kissé J. S. Benjaminétól (1976). A folyamat leírása azonban hasonló a már említett szerzőkéhez. Az 1. Szakaszban jelentős szemcseméretnövekedés következik be, majd adott őrlési idő elteltével a szemcseméret drasztikusan csökkeni kezd, egészen a végállapot eléréséig (2. ábra). Itt az átlagos szemcseméret általában kisebb mint a kiinduló érték.

G. B. Schaffer és P. G. McCormack (1990) állítása szerint a mechanikai munka által bevitt energia hatására helyi felmelegedések jönnek létre az anyagban és ez okozza az ötvözést a komponense között. Ezt a hőmérséklet növekedést ez idáig azonban még nem sikerült közvetlenül megmérni, de több elmélet is napvilágot látott ennek becslésére.

Juhász Nóra /doktorandusz hallgató
E-mail: kohnori@gold.uni-miskolc.hu, Miskolci Egyetem Anyagtechnológiai Intézet
Kohógéptani- és Képlékenyalakítástani Tanszék / H-3515 Miskolc- Egyetemváros,
Telefon:(36)46-365-111/15-62 Fax: (36)46-366-832

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Kombinált térfogatalakító technológiák szakértői rendszer típusú megoldásának lehetőségei

Klementis Ottó

Bevezető

Lényegében a számítógépek megjelenése óta felmerült az igény, hogy a számítógépek minék inkább átvegyék a termelési folyamatok irányítását oly módon hogy intelligens, logikus válaszokat adjanak és esetleg döntéseket hozzanak esetleg egyidőben vezérelve a folyamatot befolyásoló vagy végrehajtó eszközöket. Napjainkban a szakértői rendszerek egyre nagyobb szerepet kapnak az ipari technológiák kidolgozása terén főleg azokon a részterületeken ahol az emberi kreativitás szükséges.

Jelen dolgozatban a képlékeny alakításban eddig megvalósított szakértői rendszereket ismertetjük, részletesen elemezve a megvalósítási elveket, kitérve ezek előnyeire és hátrányaira. Ezt követően bemutatunk egy saját fejlesztésű szakértői rendszert is amely egy meghatározott esetben képes a lineáris kombináció elvét alkalmazva elemezni a lehetséges technológiai megoldásokat. Ehhez egy olyan megoldási módszert alkalmazunk amely sikeresen alkalmazható a térfogat-alakított munkadarabok mehgatározott csoportjára. A rendszer segítségével tehát a kombinált térfogatalakító technológiák optimalizált folyamattervezése valósítható meg.

Általános elvek

Alapvetően a szakértői rendszereket az emberi tulajdonságok és képességek utánzására, orvosi diagnosztizálásra, folyamat irányításra, folyamattervezésre valamint egy egy területen adódott probléma szakértői szintű megoldására alkalmazzák. Mivel hogy a képlékeny alakítás terén is sok olyan tervezési probléma adódik amelyeknek megoldása szakértői tudást és ugyanakkor nagyvolumenü számítást igényelnek, napjainkban egyre inkább hangsúlyozódik az erre a területre kifejlesztett szakértői rendszerek szükségessége.

A szakértői rendszerek feladatai a képlékenyalakításban

Ezeket a rendszereket a technológiai tervezési fázis több részterületein is alkalmazhatjuk. Az általános célú szakértői rendszerek kérdés-felelet típusú kérdezéssel adnak választ a tudásbázisban

tárolt adatok alapján, és ezt a választ feleletként tekintve a tudásbázisból újabb válaszok és következtetések állítódnak/állítódhatnak elő. A technológiai célokra kifejlesztett szakértői rendszerek egyik fontos feladata az hogy a döntéseket, kérdéseket úgy tegye fel és a válaszokat is úgy adja meg ahogy azt egy szakértő tenné. Figyelembe véve azonban azt hogy a tudásbázisban tárolt lehetséges matematikai modellek alapjai egyszerű esetekre vannak kidolgozva, a részmüveletek és a közbeeső műveletek dokumentálása, tárolása, rendszerezése és ábrázolása rendkívül komplex feladat.

A rendszerek egyik fő kategóriájába tartoznak azok az alaprendszerek, amelyek **alakfelismeréssel** és az alakok **kategóriákba, osztályokba sorolásával** foglalkoznak. Ez abban az esetben ha a vizsgálandó geometriai test (amely rendszerint a munkadarab) csak meghatározott komplexitású és kijelenthető hogy nem lesz soha azoknál komplexebb, megoldható egyszerű paraméterezéssel. Ilyenképpen például az 1 ábrán látható maximális komplexitású munkadarab esetén feltételeket írva elő a geometriai méreteket leíró értékek között, az ekképpen meghatározott munkadarabok osztályba sorolhatók. Eszerint a munkadarabok kategóriákba sorolhatók a legbonyolultabb alakból egyszerűsítéssel nyert egyszerűbb alakzatok csoportjaira. Ezeken az egyszerűbb esetek (1.ábra, a körön belül) egy egy részén a nem leegyszerűsített paraméterek (paraméter≠0) között újabb összefüggések megadásával ezek az alakzatok újabb alcsoportokba sorolhatók. A képlékenyalakítási eljárásoknál ezen felosztási határértékeket rendszerint a technológiai határértékek adják meg. Ez a második felosztás viszont rendkívül szubjektív jellegű, és nagy mértékben függhet a használt összefüggésektől. Ugyanakkor mivel az anyagok mechanikai/képlékenységi tulajdonságai is eltérőek ezen határértékek ennek függvényében is változnak. Következésképpen ebben az egyszerűnek tűnő esetben is a lehetséges kategóriák száma rendkívül nagy lehet.

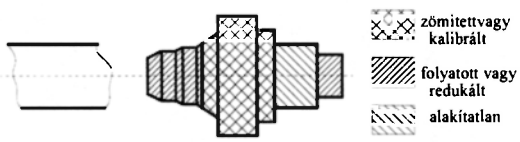
A szakértői rendszerek felhasználása terén egy másik fontos terület a folyamattervezés. Ez esetben is a rendszer a meghatározott munkadarab alakjából indul ki. Ezen rendszerek esetén egyes szerzők meghatározva a főcsoportokhoz tartozó elemek alakját hozzárendelnek ezekhez lehetséges alakitási sorrendterveket, és ennek alapján miután a rendszer a megfelelő munkadarab alakját meghatározta, ezt csoportba osztja és leellenőrzi hogy a lehetséges előre meghatározott sorrendtervek közül melyik a leggazdaságosabb, ha egyáltalán van olyan amelyel a megfelelő munkadarab megvalósítható [2,3]. Ebben az esetben ha a munkadarab meg is valósítható olyan technológiai eljárásokkal amelyek még nincsenek előre meghatározva és implementálva, a rendszer nem képes megoldást találni. Ez a gondolatmenet a szakértői rendszerek esetén a visszaláncolási módszer (backward chaining) típusú szakértői rendszerek esetén kerül alkalmazásra. Az előreláncolási módszer (forward chaining) esetében a nyers munkadarabból kiindulva a felhasználó hozzárendel a munkadarabhoz a rendszer által lehetségesnek tartott műveleteket úgy hogy több művelet hozzárendelésével (a műveletek elvégzésével) kialakuljon

1. ábra Munkadarab osztályok

a végső munkadarab már meghatározott alakja (és esetleg tulajdonságai). Ez szakértők aktív beavatkozását igényli a tervezés majdem minden fázisában.

Az általunk kidolgozott rendszer

A általunk kidolgozott rendszer abban az esetben ha szükséges képes a meghatározni a meghatározott munkadarab alakjának függvényében és meghatározott feltételek megjelölésével a munkadarabokat osztályokba sorolni. Erre azért van szükség mert a kidolgozott metódus egyelőre csak tömör tengelyszimmetrikus, zárt matricák segítségével előállított munkadarabok esetén alkalmazható. Ezzel a lehetőséggel a rendszer az első kategoriába tartozó szakértői rendszer feladatok elvégzésére is képes. A kidolgozott alakleiró rendszer 11 alap geometriai elemre épül. Ez a rndszermodul segítségével a munkadarab tengelyirányban tetszőleges számú elemből tevődhet össze. Az összetevő elemek úgy voltak megválasztva hogy bármely tengelyszimmetrikus üreges vagy üreg nélküli munkadarab alakját le lehessen írni. Ilyen szempontból tehát nincs megkötés, a felső határt csak a számítógép teljesítménye és kapacitása szabja meg. Az alak meghatározáshoz használt szürési stratégiák minden felhasználó által sajátosn beálithatók, ujrakonfigurálhatók. A tervezési fázis következő szakaszában a technológiai feltételeket. Jelenleg a rendszer a folyatás, redukálás, zömítés és kalibrálás műveleteinek kombinálásával, ezek kombinált egymás utáni meghatározásával képes megállapítani egy pillanatnyilag meghatározottnak tekintendő előgyártmány esetén azt a költség szempontjából optimális müvelettervet amellyel a munkadarab megvalósítható. Mivel hogy az előgyártmány esetenként különböző átmérőjü lehet, az alakitási folyamatok és implicit a müveletterv is változhat ennek függvényében. Ugyanakkor ha a munkadarab különböző anyagokból készülhet, a rendszer minden esetet végigvizsgálva ezen szempontokat figyelembe véve egy optimális müvelettervet javasol amelyet a helhasználó elfogadhat.



2.ábra. A rendszer átlal automatikusan generált felosztási mód

A folyamattervezéshez kidolgozott modell

A modell magyarázatánál egy egyszerű példából indulunk ki. A 2. ábra egy munkadarab geometriai alakját és a pillanatnyilag figyelembe vett nyersanyagátmérő geometriai viszonyait mutatja be jelezve a technológiai szempontból tekintett felosztást. A rendszer automatikusan jelzi a munkadarabokon azokat a részeket amelyek átmérő növekedéssel és amelyek átmérő csökkenéssel érhetők el. Ezek szerint a munkadarabon lesznek olyan felületek, amelyek:balról és/vagy jobbról alakítottak redukálással, folyatással és esetleg alakzömitéssel, és lesznek részek amelyek zömítéssel készíthetők mivel átmérőjük nagyobb mint a nyersanyagé. A munkadarabon ha vannak olyan alapelemek amelyek egyidőben zömítéssel és átmérőcsökkentéssel valósíthatók meg (ha az elem kezdő átmérője kissebb mint a nyersanyag átmérő a végső átmérője pedig nagyobb mint a nyersanyag átmérő), akkor a rendszer ezeket két egymás utáni elemmel helyetesiti melyek kapcsolódó átmérője

megegyezik.. A felosztás annak a stratégiának is a függvénye amely meghatározza azt hogy milyen alaku folyatókupot alkalmazhatunk (figyelembe véve a számitásoknál használt folyatókup szögének alkalmazható értékeit) Ilyenképpen ezeket a felosztott elemeket a rendszer különböző csoportokba sorolja és implicit külön fogja vizsgálni. Ezzel a megoldással gyakorlatilag a munkadarab három alakítható részre osztható ahol mindenik az alakítási folyamatok közül vagy a redukálás/folyatással készül vagy pedig zömítéssel. Ezek után vizsgáljuk ezen három felosztás mindenikét külön külön. A zömített rész esetén meghatározva a zömített rész térfogatát a térfogatállandóságból meghatározható az a nyersanyag hossz amelyből a zömített rész kialakul. Ennek alapján meghatározható a zömítések száma és legenerálható a zömítési folyamatterv (közbeeső alakok, alakítóerők, alakváltozási mértékek, aktív szerszámelemek geometriája). A folyatott/redukált rész esetén meghatározható ugyanazon elv felhasználásával a szükséges nyersanyag hossz és meghatározható a maximális alakváltozási mérték. Ezt összehasonlítva a megengedett alakváltozással (adott anyag esetén) meghatározható az hogy milyen átmérőcsökkentő folyamatok szükségesek és esetleg az hogy szükség van e hőkezelésekre. Miután a három rész folyamatterve megvan összeállítható az az egységes folyamatterv amely a három részterv egyesítéséből származik.

Következtetések

Evvel a megoldási módszerrel megvalósítható a tömör, zárt matricában végzendő kombinált térfogatalakitó technológiák folyamattervezése. Az irodalomban talált megoldások ennek az általános megoldásnak csak részeit képesek megoldani. Ily módon egy olyan rendszer képezhető amely bár egy megadott területen folytonosan végzi a folyamattervezést kiküszöbölve azt a hátrányt, hogy a folyamatterveket előre le kell gyártani ahhoz hogy a megfelelő komplexitású munkadarab kivitelezhető tárgyalható legyen. A rendszer oly ábrázolási technikát és meghatározási módot használ amely segítségével a rendszer bővítése a zárt matricában végzendő alakítási folyamatok szinte teljes spektrumára megvalósítható.

Irodalomjegyzék

[1]Romvári, P. Tisza, M. Rácz, P., A Complete CAD/CAM Package for Sheet Metal Forming, 26th MTDR Conf., Manchester, 1986. P. 33-38.

[2]Expertensysteme in der unformtechnik, L.Cser, Lehrstuhl für Fertigungstechnologie Friedrich-Alexanderü Universitat Erlangen-Nürnberg, 1991.

[3]Yang, G., Osaka, K.: An expert System for Process Planning of Cold Forging, 3rd ICTP, Kyoto, Advanced Technology of Plasticity 1990, Vol.1, pp 109-114.

Klementis Otto, okl. gépészmérnök
Cluj-Napoca, Romania, str.Bistritei 32/33, 4300, tel 00406415406

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A különböző dendritcsúcs túlhűlési modellek alapján végzett számítások összehasonlítása a kísérleti adatokkal

Kuti István, Roósz András

Bevezetés

A gyakorlatban használatos ötvözetek nagy része dendritesen kristályosodik, a kristályosodás során szilárdoldat keletkezik, mikrodúsulás lép fel melynek hatására a szilárd fázisban kialakul egy sajátos koncentrációeloszlás és a túlhűlés hatására nemegyensúlyi fázisok is keletkezhetnek. A szilárdoldatok kristályosodása modellezésének egyik kulcskérdése ezért a szilárd/olvadék határfelület hőmérsékletének, azaz a túlhülésnek a meghatározása.

Az első modell amelyik számol a különböző túlhűlésekkel a minimális túlhűlés hipotézise alapján, a Burden és Hunt [1] modell. Ezt a modellt Laxmanan [2] fejlesztette tovább, a dendritcsúcs stabil növekedése, az úgynevezett marginális stabilitás feltételezése alapján. Ma úgy tűnik, hogy a legjobban használható, a fizikai valóságot leginkább megközelítő modell a Kurz, Giovanola és Trivedi (KGT) [3, 4] modell.

Az általunk fejlesztett program segítségével az összes ismert hatást (termodinamikai korrekció, kinetikai, dendritcsúcs görbület okozta, összetételi, gradiens és termikus túlhűlés) figyelembe véve a dendritcsúcstúlhűlést és a primer dendritágtávolságot számítjuk a fenti modellek alapján az egyszerűség kedvéért először csak kétalkotós ötvözetrendszerek esetén. Ez a szoftver könnyen alkalmazható a többalkotós rendszerek esetén is. A számítási eredményeket Al-Si, Al-Cu és Succinonitril-Aceton ötvözeteken mért kísérleti adatokkal hasonlítjuk össze.

A túlhűlések típusai

A szilárdoldatok kristályosodásának a leírására kidolgozott modellünk a következő feltételezéseken alapul: az szilárd/olvadék határfelületen helyi egyensúly van amelyet a nemegyensúlyi fázisdiagram határoz meg, a megoszlási hányados (**k**) sebességfüggő, a dendritcsúcs túlhűl.

Az irodalomban a következő típusú túlhűlések találhatók: a termodinamikai korrekció (ΔT_v), a kinetikai túlhűlés (ΔT_k), a dendritcsúcs görbület okozta túlhűlés (ΔT_r), az összetételi túlhűlés (ΔT_c), a

gradiens túlhűlés (ΔT_g), és a termikus túlhűlés (ΔT_t). Ezek mindegyike megváltoztatja a hőmérsékletet és/vagy a koncentrációt a dendritcsúcsnál.

Alapvetően kétféle túlhűlést különböztethetünk meg, amelyek megváltoztatják a fázisdiagramot (ilyen a termodinamikai korrekció, a kinetikai túlhűlés és a dendritcsúcs görbület okozta túlhűlés), és amelyek megváltoztatják a dendritcsúcs hőmérsékletét (ilyen az összetételi, a gradiens és a termikus túlhűlés) a nemegyensúlyi, sebességfüggő likviduszhőmérséklethez képest.

Az első három túlhűlés összege tehát az egyensúlyi és a sebességfüggő likvidusz hőmérsékletek különbségét adja, a következő három túlhűlés összege pedig a sebességfüggő likvidusz hőmérséklet és a szilárd/olvadék határfelület hőmérsékletének különbségével egyenlő (1. ábra). Ekviaxiális kristályosodás esetén nem lép fel a gradiens, irányított kristályosodás esetén pedig a termikus túlhűlés.

Az összegzett túlhűlés az egyensúlyi likvidusz hőmérséklet és a szilárd/olvadék határfelület hőmérsékletének a különbségével egyenlő $\Delta T_{tip}=\Delta T_v+\Delta T_k+\Delta T_r+\Delta T_c+\Delta T_g+\Delta T_t$

Az effektusok részletes magyarázata a [5] -ben található. A különböző modellek csak az összetételi túlhűlés számításában különböznek. Az összes többi túlhűlést azonosan számolják, csak a dendritcsúcs sugara más.

A számítások elvégzéséhez mindenekelőtt az egyensúlyi fázisdiagramok pontos ismerete szükséges. Az egyensúlyi fázisdiagramok származhatnak termodinamikai számításokból vagy mért diagramokból. A termodinamikai számításokat azonban csak kevés ötvözetrendszer esetén végezték el eddig, ezért a számításaink során az irodalomban található mért diagramokat használtunk.

Az egyensúlyi fázisdiagramok leolvasását igyekszünk minél pontosabban elvégezni, ezért a kapott pontok leolvasási pontatlansága gyakorlatilag elhanyagolható. A keresett közelítő függvénynek át kell mennie ezeken a pontokon. Világos tehát, hogy az általában mérési adatokra a legkisebb négyzetek módszerével fektetett különböző polinomok ebben az esetben nem alkalmazhatók. Az ilyen esetben alkalmazható legalkalmasabb közelítés a **spline** [6] interpoláció.

A kristályosodási front mozgási sebességétől függő megoszlási hányados számítására az Aziz féle folyamatos növekedés modellje [7] által adott egyenletet használtuk. Carrard és társai [8] javaslatára határfelületi diffúzió D_i értékét felső határként az olvadékban lévő diffúzióval közelítettük. A sebességfüggő likvidusz lejtését (m_v) a T_0 értékét valamint a kinetikai túlhűlést a Boettinger és Coriell által adott egyenletekből számítottuk [9, 10].

A dendritcsúcs görbület okozta, az összetételi és a termikus túlhűlés kiszámításához ismerni kell a dendritcsúcs sugarát. A Kurz, Giovanola és Trivedi modellben a dendritcsúcs sugarának a kiszámításához az adott egyenlet megoldásához a Van Wijgaarden, Dekker és Brent féle módszert [11] alkalmaztuk nemlineáris, transzcendens függvények gyökeinek a közelítésére. Kiinduló közelítő

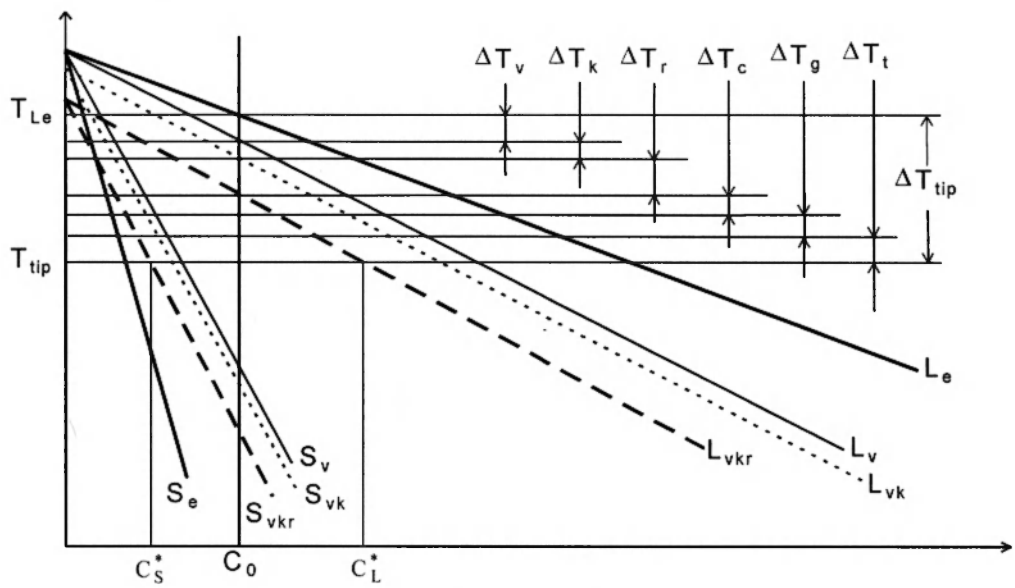
értéknek a Burden és Hunt modell alapján számított értéket használjuk. Az Ivantsov függvényt az Abramovitz [5] féle módszerrel közelítettük.

A dendritcsúcs határfelületénél a C_L^* és a C_S^* koncentrációk kis határmozgási sebesség esetén az egyensúlyi fázisdiagram által meghatározottak. Ha a határfelület előre mozog, a szilárd fázisból a többlet ötvöző atomok ($C_L^* > C_L^*$ mert **k<1**) a szilárd/olvadék határfelületen át az olvadékba kell átlépjenek. Ha azonban a határfelület nagy sebességgel szalad előre, akkor ez csak részben történik meg, így az ötvöző atomok egy része a szilárd fázisban marad, megnövelve annak koncentrációját az egyensúlyi értékhez viszonyítva, míg az olvadékfázisban ellenkezőleg, csökken a koncentráció. Ez a jelenség a termodinamikai korrekció. A görbült határfelület energiája nagyobb mint a sík határfelület energiája, ez az oka a dendritcsúcs görbület okozta túlhűlésnek. A dendritcsúcs előtt kialakuló diffúziós mező hatására megemelkedő koncentráció (solute built up) okozza az összetételi túlhűlést. Irányított kristályosodás során a dendrit töve és csúcsa közötti koncentrációkülönbség hatására végbemenő diffúzió az oka a gradiens túlhűlésnek. Az ekviaxiális kristályosodás során keletkező latens hő megemeli az olvadék hőmérsékletét a dendritcsúcs előtt. Ez a jelenség az oka a termikus túlhűlésnek.

Eredmények

A számításokat az **Al-1wt%Si, Al-2wt%Cu** [12], **Al-6wt%Cu** [13] és a **Succinonitril 1.3 wt% Aceton** kétalkotós ötvözetek esetén mutatjuk be.

A 2. ábrán a vízszintes tengelyen a **Succinonitril 1.3 wt% Aceton** kétalkotós ötvözet esetén a Kurz, Giovanola és Trivedi modell alapján számított primer dendritág távolság értékeket, a függőleges tengelyen pedig Réger [14] mérési eredményeit tüntettem fel. Az ábrán jól látható a mért és a számított értékek elfogadható egyezése.



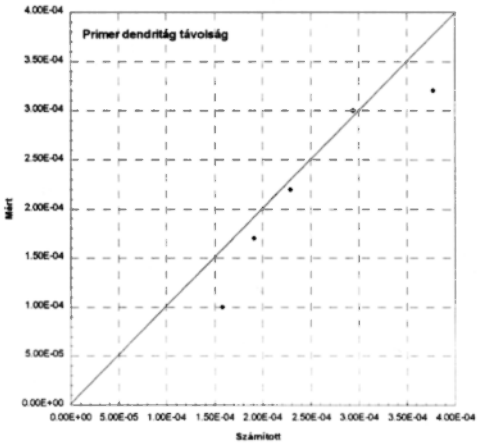
1.ábra. a túlhülések tipusai

Irodalom

1 M. H. Burden and J. D. Hunt: Cellular and Dendritic Growth I+II, J. Cryst. Growth 22 (1974) pag. 99-108, 99-116.

2 V. Laxmanan: Dendritic Solidification I. Analysis of Current Theories and Models, Dendritic Solidification II. A Model for Dendritic Growth under an Imposed Thermal Gradient, Acta metallurgica 33 (1985) pag. 1023-1035, 1037-1049.

3 W. Kurz, B. Giovanola and R. Trivedi: Theory of Microstructural Development during Rapid Solidification, Acta metall. 34 (1986) pag. 823-830.



2.ábra A primer dendritág távolság

4 W. Kurz, B. Giovanola and R. Trivedi: Microsegregation in Rapidly Solidified Ag-15wt%Cu, J. Cryst Growth 91 (1988) pag. 123-125.

55 W. Kurz and D. J. Fisher: Fundamentals of Solidification, 3rd ed., Trans Tech Pub., Aedermannsdorf, Switzerland (1989).

6 I. D. Faux and M. J. Pratt: Computational geometry for design and manufacture, Ellis Horwood Ltd., 1987, pag. 156-162.

7 M. J. Aziz: Appl. Phys., 53, 1982, pag. 1158.

8 M. Carrard, M. Gremaud, M. Zimmermann and W. Kurz: Acta Metall. Mater., 40, 1992, pag. 983.

9 W. J. Boettinger and S. R. Coriell: Rapid Solidification Materials and Technologies edited by P. R. Sahm, H. Jones and C. M. Adam, NATO, 1986.

10 W. J. Boettinger, S. R. Coriell and R. Trivedi: Proc. 4th Conf. Rapid Solidification Processing, Principles and Technologies, Santa Barbara, edited by R. Mehrabian and P. A. Parrish, 1987.

11 W. H.Press, B. P.Flannery, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling: Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing, Example Book in Pascal, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

12 M. H. Burden and J. D. Hunt: Cellular and Dendritic Growth I+II, J. Cryst. Growth 22 (1974) pag. 109.

13 D. G. McCartney and J. D. Hunt: Acta Metallurgica, 29, (1981) pag. 1851.

14 M. Réger: Ph. D. disszertáció előkészítő anyag

Kuti Isván, doktorandusz hallgató

Roósz András, DSc. Egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék H-3515 Miskolc,

Egyetemváros, Hungary, Tel: 36-46-365111/2277, Tel/fax: 36-46-365924

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A SZEKUNDER DENDRITÁGAK DURVULÁSA

Rontó Viktória, Roósz András

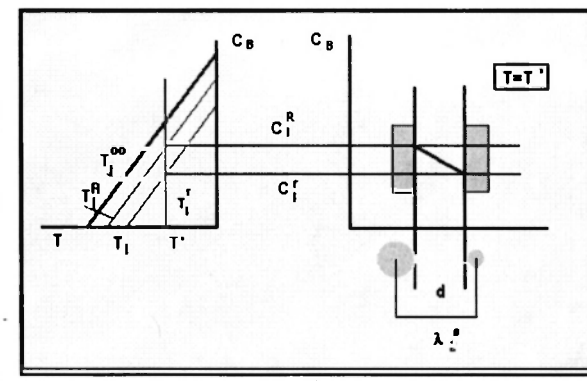
Összefoglalás

A dendritesen kristályosodó szilárd oldat típusú ötvözetek szerkezete a dermedés során változik. Ez a folyamat a durvulással magyarázható. A durvulás során nő a szekunder dendritágak közötti távolság, ugyanis a kisebb átmérőjű dendritágak feloldódnak, a nagyobb sugarú ágak pedig "meghíznak". Háromféle kristályosítási kísérlettel vizsgáltuk a durvulás folyamatát: kristályosítás folyamatos hűtéssel, megszakításos kristályosítással és izoterm hőntartással. A különböző kristályosítási kísérlettel kialakult szekunder dendritág távolság a helyi megszilárdulási időtől, a kristályosodási időtől, ill. a hőntartási időtől függ.

A szekunder dendritágak durvulásának fizikai modellje

Az iparban felhasznált szilárdoldat típusú ötvözetek a gyakorlati lehűlési sebességtartományban általában dendritesen kristályosodnak. A dendrites szövetszerkezet fő tömegét a primer ágakból elágazó szekunder ágak adják. Ennek következtében a szekunder dendritág távolság jelentősen befolyásolja az öntött állapotú ötvözet mechanikai tulajdonságait.

A szekunder dendritág távolság a kristályosodás során nő, a dendritágak durvulnak. A durvulás a következőképpen játszódik le; a vékonyabb ágak feloldódnak, a vastagabb ágak átmérője pedig megnövekszik.



1. ábra
Koncentrációeloszlás különböző sugarú dendritágak határfelületén.

A durvulási folyamat oka, hogy az egyensúlyi koncentráció függ a fázisok határfelületének görbületétől. Az egyensúlyi fázisdiagram vonalai sík határfelülethez, azaz ∞ nagy sugárhoz, ill. nulla görbülethez tartoznak (1. ábra). Tehát kisebb sugarú dendritágaknál a határfelület koncentrációja egy adott hőmérsékleten kisebb, mint a nagyobb sugarú dendritágaknál. A koncentráció különbség diffúziót indít meg az ágak között. Az ötvözőfém atomok a nagyobb sugarú (**R**) dendritágtól a kisebb sugarú (**r**) ág felé diffundál. A diffúzió hatására a **R** sugarú dendritág határán a koncentráció az egyensúlyi

koncentráció alá csökken, míg a **r** sugarú dendritág határán az egyensúlyi koncentráció fölé emelkedik. Az egyensúlyi koncentrációk oly módon állnak vissza az eredeti értékre, hogy a **R** sugarú dendritágra rákristályosodik egy vékony réteg, ill. a **r** sugarú dendritágnak egy része feloldódik. A folyamat addig zajlik, amíg a rendszerben különböző sugarú dendritágak vannak.

A durvulási folyamat leírása

A dendrites szerkezet durvulásának vizsgálatát két nagy csoportra oszthatjuk:

I. Durvulás folyamatos hűtés esetén és

II. Izoterm durvulás.

A durvulás kinetikája a folyamatos kristályosítás esetére Kattamis, Flemings, Feurer és Wunderlin szerint a következőképpen írható fel:

$$\lambda_2 = 5.5\left(Mt_f\right)^{1/3}, \qquad (1)$$

ahol λ_2 a szekunder dendritág távolság, M durvulási paraméter, t_f pedig a helyi megszilárdulási idő. A durvulási paramétert lehűlési görbékből kaphatjuk meg oly módon, hogy a görbét kis izoterm szakaszokra bontjuk. Mivel egy-egy izoterm szakaszon ismerjük a T(t) függvényt, így M(T(t)) meghatározható. A durvulás folyamatának vizsgálatához az egyik legcélszerűbb mód a DTA típusú vizsgálat, amikor a próbadarabot a kemencében szabályozott sebességgel hűtjük, és felvesszük az ötvözet lehűlési görbéjét.

A DTA típusú vizsgálatot háromféle kristályosítási kísérlethez alkalmazhatjuk: a) kristályosítás folyamatos hűtéssel, b) megszakításos kristályosítással, c) durvulás izoterm hőntartással.

Folyamatos kristályosításkor a próbadarabokat különböző hűtési sebességgel hűtjük. A dermedés végére kialakuló szerkezet a helyi megszilárdulási időtől függ.

A megszakításos kísérletben szintén szabályozott sebességgel hűtjük a próbákat, majd néhány, a szilárd/olvadék tartományban kiválasztott hőmérsékleten megszakítjuk a kristályosodást úgy, hogy a próbákat vízben hűtjük le.Így a dendrites szerkezet a kristályosodási idő függvényében változik.

Hőntartáskor a próbadarabokat különböző ideig tartjuk a megszakításos kísérletben már megadott hőmérsékleteken. A hőntartási idő leteltével a próbákat szintén vízben hűtjük le. Egy-egy hőmérséleten nem változik a szilárd fázis mennyisége, azt állandónak vehetjük. Így a dendrites szerkezet morfológiáját a hőntartási idő hossza szabja meg. Az izoterm durvulás kinetikájára felírhatjuk, hogy

$$\lambda^n - \lambda_0^{n_0} = k\cdot\left(t - t_0\right) \qquad (2)$$

A $\lambda_{2,0}$, t_0, n_0 értékeket a megszakításos kísérletből kapjuk; λ_2 a hőntartás végére kialakult szekunder dendritág távolság, **t** a kristályosodási idő és a hőntartási idő összege, **k** értékét pedig numerikus módszerrel határozzuk meg.

A kristályosítási kísérletek

A dendrites szerkezet változását Al-Cu-Si ötvözetrendszeren vizsgálta, a próba Cu tartalma 3.85%, a Si tartalma 0.95%. A hengeres alakú próbadarabokat egy Ni etalon próbával együtt egy kvarccsőben helyeztünk el, egymástól elszigetelve őket. A hőmérsékletüket NiCr-Ni termoelem mérte. A Ni etalon lehűlési görbéje a kemence viselkedését mutatta.

a) Folyamatos kristályosítás: az Al-Cu-Si próbadarabokat tehát megolvasztottam, majd a kemencét szabályozott hűtési sebességgel hűtöttük. Három hűtési sebességet alkalmaztunk: $7.5*10^{-2}$ K/s, $15*10^{-2}$ K/s és $28.7*10^{-2}$ K/s.

b) Megszakításos kristályosítás: a próbadarabokat a fent említett három hülési sebességgel hűtöttük, majd a szilárd/olvadék tartományban meghatározott hőmérsékleteket elérve, vízben hűtöttük le.

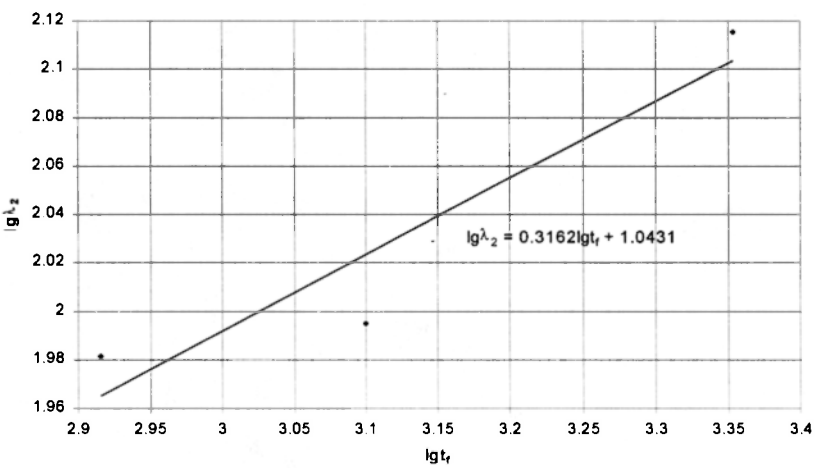
c) A hőntartásos kísérlet: a próbákat a megszakításos kísérletben már meghatározott hőmérsékleteken különböző ideig hőntartottuk, majd szintén vízben hűtöttem le. Az alkalmazott lehűlési sebesség ebben az esetben $15*10^{-2}$ K/s volt.

A termoelem segítségével felvett lehűlési diagramokból leolvastuk, hogy az egyes kristályosodás mennyi ideig tartott, s a későbbiekben ezt használtuk fel a kiértékeléshez.

A próbadarabokból csiszolatok készültek, melyeknek a szerkezetét NEOPHOT típusú fénymikroszkópon vizsgáltuk.

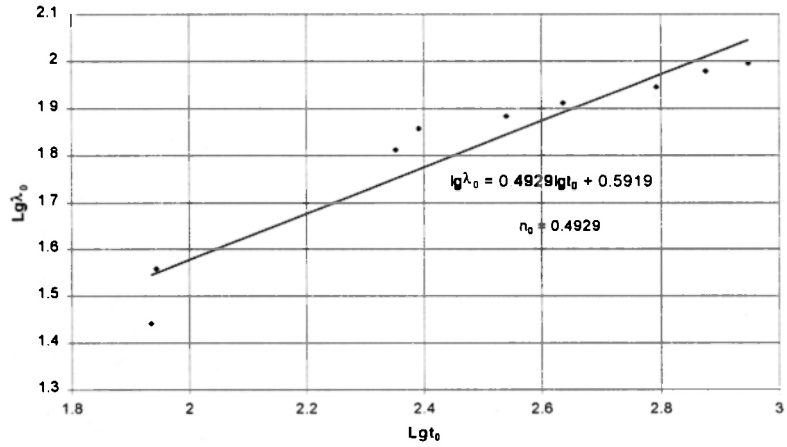
Az eredmények kiértékelése

a) Folyamatos kristályosítás:



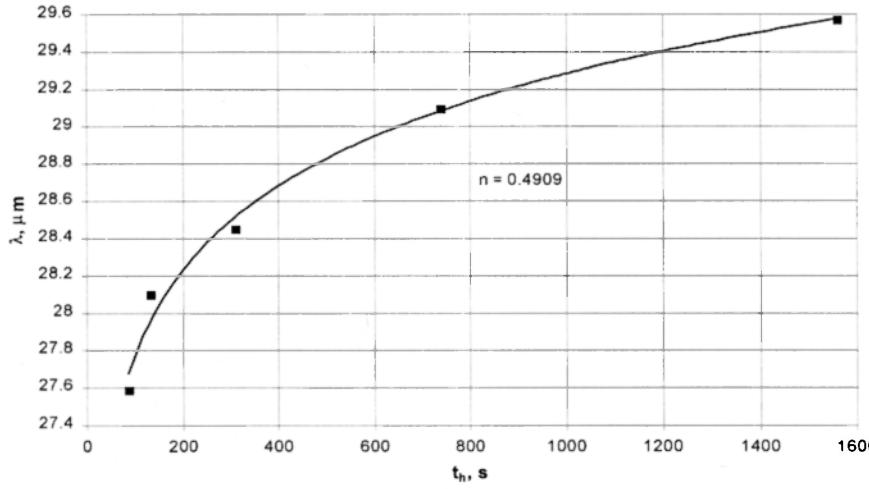
2. ábra:
A folyamatos hűtéssel kristályosított darabok szekunder dendritág távolságának változása a helyi megszilárdulási idő függvényében

b) Megszakításos kristályosítás:



3. ábra
A szekunder dendritág távolság változása a kristályosodási idő függvényében.
A hűlési sebesség: $15*10^{-2}$ K/s

c) Izoterm hőntartás:



4. ábra
A szekunder dendritág távolság változása a hőntartási idő függvényében.
A lehűlési sebesség: $15*10^{-2}$ K/s; a hőntartás hőmérséklete: 645°C.

Rontó Viktória, doktorandusz

Roósz András, Dsc egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék; H-3515. Miskolc, Egyetemváros

Tel.:36 46 365-924

EME

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Optimalizációs módszerek alkalmazása vékonylemezek ellenállásponthegesztésére

Szabó Péter

1. Bevezetés

A mérnök munkája során sokszor kerül olyan helyzetbe, hogy mennyiségek maximumát vagy minimumát keresi. Ez a szélsőérték valamilyen szempontból mindig a legkedvezőbb megoldást, az optimumot takarja. A vékonylemezes konstrukciók geometriailag meglehetősen bonyolultak, a sok alkatrész kapcsolatához sok, általános térbeni helyzetű hegesztett kötés elkészítése szükséges. Ezen a területen az ellenállásponthegesztés alkalmazása nagyon előnyös és ugyanakkor elkerülhetetlen is. A kedvező kötésminőség szempontjából viszont az ellenállásponthegesztés technológiáját optimalizálni célszerű.

2. Célkitűzés

Az igényesebb konstrukciók tervezéséhez egyre több információ szükséges az ellenálláspontkötések teherbírásáról. Kutatómunkámban a pontkötések szilárdsági mérőszámait, adott körülmények mellett a technológia-szilárdság kapcsolatát vizsgáltam. Célul tűztem ki az ellenállásponthegesztés technológiájának matematikai alapokon nyugvó optimalizálását egy- és többszempontos célfüggvény felhasználásával. A végső célom a legkedvezőbbnek bizonyuló munkarenddel készített mintán a méretezési nyírószakítóerő értékének meghatározása volt.

3. A kísérletek körülményei

Kísérletemben az Fe 235 B (MSZ 500) anyagú fényes lemezt használtam, melynek kémiai összetétele és jellemző mechanikai tulajdonságai az [1] irodalomban találhatók. A próbatestet az MSZ 6691/1-75 szabvány alapján alakítottam ki. A ponthegesztett kötések elkészítéséhez olasz gyártmányú, TECNA 8007 típusjelű, programozható, egyfázisú váltóáramú, helyhezkötött kivitelű pont- és dudorhegesztőgépe állt rendelkezésemre. A ponthegesztőgép lényeges műszaki paraméterei az [1] irodalomban találhatók.

Optimalizációs paraméterként elsőként a kötés (szabványos) nyíró-szakítóerejét (F_n) választottam. A hegesztőeljárás elsőrendű (faktorjellegű) változói - elektródaerő: F_e (kN); szekunder áramerősség: I_h

(kA); hegesztési idő: t_h (s) - a faktorok. A másodrendű változókat a kísérlet alatt állandó értéken tartottam.

4. Hagyományos optimalizálás

A regressziószámítási feladat elvégzését általában három főlépésre bonthatjuk:

- a kapcsolatot legjobban megközelítő regressziós függvény analitikus alakjának kiválasztása;
- a regressziós függvény paramétereinek meghatározása;
- a kapcsolat szorosságának a mérése.

A matematikai eljárásról bővebben a [1], és [2] irodalomban.

Ha a regressziós függvény analitikus alakjára nézve semmiféle támpontunk nincs, csak annyit tudunk, hogy lineáris nem lehet, akkor többnyire másod- vagy harmadfokú polinomot választunk [4]. A regressziós együtthatókat a legkisebb négyzetek elvén, a kapott mérési eredmények értékének felhasználásával számíthatjuk ki a kísérleti beállítások számának megfelelő változó- és tagszámú lineáris egyenletrendszerből.

A regressziós együtthatókkal felírt egyenletekből jól kivehető, hogy a polinom alakjától függetlenül az egyes paraméterek hatása a szilárdságra ugyanolyan irányú, csak más mértékű. Azt, hogy melyik polinom fejezi ki legjobban a paraméterek kapcsolatát, vagyis a korreláció jóságát a residuumnégyzetek összege határozza meg. Minél kisebb ez az érték, annál jobban közelít a polinom. A leírtak alapján az Y_1 regressziós polinom (1) az, amely legjobban közelíti a paraméterek közötti kapcsolatot.

$$Y_1=(-15{,}94)-5{,}81F_e+19{,}61t_h+4{,}72I_h+0{,}861F_et_h+0{,}22F_eI_h-0{,}51t_hI_h-$$
$$-0{,}05F_et_hI_h+0{,}28F_e^2-7{,}99t_h^2-0{,}1579I_h^2\ ; \qquad (1)$$

A függvényekből kiolvasható, hogy a nyíró-szakítóerő szempontjából a kötés szilárdságát kedvező irányba befolyásoló paraméterek a hegesztési főidő (t_h), és az áramerősség (I_h). Az összeszorítóerő értékének növelése viszont kedvezőtlenül hat. Megfigyelhető továbbá, hogy a nyomás-hegesztési főidő, valamint a nyomás-áramerősség, azaz a vegyes tagok kedvezően befolyásolják a célfüggvényt, ugyanakkor az áramerősség-hegesztési főidő tag már nem, annak ellenére, hogy külön-külön még növelték a célfüggvény értékét. Fontos még megjegyezni, hogy a négyzetes tagok már ellenkező előjelűvé váltak az elsőfokú tagokhoz képest. A kapcsolatot legjobban közelítő regressziós függvény birtokában meghatározható az a paraméterkombináció, amely a maximális nyíró-szakítóerő értéket adja: F_{emax}=2 kN; t_{hmax}=0,8 s; I_{hmax}=14,8 s. A maximális nyíró-szakítóerő a nagy elemszámú kísérlet alapján: F_{nmax}=20,03 kN.

5. Optimalizálás Box-Wilson féle módszerrel

Az optimumkeresési feladatok megoldására 1951 óta ismeretes a Box-Wilson féle módszer [1], amely kedvező kísérletszámmal, tervszerűen közelíti meg a tényleges szélsőértéket. A módszer a többtényezős kísérletek és a hatékony irányok kombinációjára épül. Lényege, hogy az ismeretlen folyamat változóit

(paramétereit) egyidejűleg változtatja és a kapott eredmények matematikai statisztikai feldolgozásával biztosítja a legnagyobb gradiens irányában való haladás lehetőségét és ezzel a célfüggvényérték növelését.

A gradiens irányában a nyíró-szakítóerők valóban nőttek egészen 18,7 kN maximum értékig, de az ezt követő lépés már a hegesztő elektródok lemezhez hegedése miatt nem volt eredményes. A 16-19 kN közötti nyíró-szakítóerőkhöz elfogadhatatlanul mély benyomódás (h>1,0 mm) és nagy elektródkopás tartozik, ezért arra a következtetésre jutottam, hogy a törőerőmaximumra való optimalizálás a ponthegesztett kötéseknél nem szerencsés, feltétlenül összetett szemléletű célfüggvény definiálására van szükség.

6. Optimalizálás többszempontú célfüggvénnyel

Céltulajdonságnak a szilárdsági paraméter (F_n) megtartása mellett az esztétikai szempontot kifejező benyomódást (h) választottam. Az a cél, hogy minél kisebb benyomódás mellett a kötés minél szilárdabb legyen. Mivel a vizsgálati tartományban az I_h és t_h hőbevitelt meghatározó faktorok függvényében F_n növekvő függvény, a szélsőértékes görbe előállításához a hőbevitellel csökkenő h függvényre van szükség. Ezt a benyomódásnál megmaradó lemezvastagság: s_m=s-h jól kifejezi. Az új célfüggvény tehát: $Y=F_n \cdot (s-h)^k$, ahol a $k \leq (\geq) 1$ benyomódási kitevővel a két céltulajdonság relatív súlya változtatható. Az új célfüggvénynek az egyes kísérleti beállításokban mért és számított értékei alapján megállapítható, hogy az összetett célfüggvény legnagyobb értékét a 2. jelű (ld. 1. táblázat) beállítás adja, amit az adott feladatban a legkedvezőbb paraméterkombinációnak tekintek.

1. táblázat

A kísérleti terv és végrehajtása utáni mérési eredmények

Sorszám	Az elektróderő értéke [kN]	Az áram-erősség értéke [kA]	A hegesztési idő értéke [s]	A benyomódások átlagértéke [mm]	A benyomódások szórása [mm]	A nyíró-szakítóerő átlagértéke [kN]	A nyíró-szakítóerő szórása [kN]
2	2	16	0,2	0,493	0,0404	16,30	0,200

7. A hagyományos és a Box-Wilson féle optimalizációs módszer összehasonlítása

A két módszer között alapvető különbségeket lehet felfedezni. A Box-Wilson féle módszernél lineáris regresszió alapján határozható meg a regressziós egyenlet, majd annak transzformálásával a fizikai változókkal felírt egyenlet. Ebből az egyenletből felírható a leghatékonyabb irány egységvektora. A tervközéppontból a leghatékonyabb irányban az egységvektor egészszámú többszörösével haladva újabb kísérletek végezhetők a célfüggvény maximumának megtalálására.

A hagyományos optimalizálásnál azonban először a paramétertartományokat kell lehatárolni. A kiválasztott paraméterértékek kombinációjával felépített kísérleti terv felállítása, majd a kísérletek végrehajtása után következik a regresszióanalízis. Mivel a regressziós függvény analitikus alakjára nézve semmiféle támpont nincs, ezért közelítésre egy másodfokú polinom választandó, melynek szélsőértékét kell az adott tartományon belül meghatározni.

A kétféle optimalizálásból egyértelműen kiderül, hogy az ellenállásponthegesztés technológiájának optimalizálásakor a teherbírási optimum a nehezen elkészíthető, esztétikailag erősen kifogásolható paraméter tartományba esik. Az elsőrendű paraméterek közül az összeszorítóerő és a hegesztési főidő értékére ugyanaz az optimum adódott és az áramerősség-értékek is elég közel vannak egymáshoz.

8. Összefoglalás

Egy hosszabb távú ellenállásponthegesztés tárgyú kísérleti program első részének befejezése után a 2 mm vastag mélyhúzható lágyacéllemezek átlapolt kötéseire vonatkozóan a következő megállapításokra jutottam:

1. A ponthegesztett kötések terhelhetőségének vizsgálatát jelen helyzetben célszerű az egypont kötések nyíró-szakító vizsgálatára alapozni; ez a vizsgálat egyben lehetővé teszi a méretezési nyíró-szakítóerő meghatározását is.
2. Az ellenállásponthegesztés technológiájának optimalizálására a törőerő egymagában nem alkalmas, mert a teherbírási optimum a nehezen elkészíthető, esztétikailag erősen kifogásolható paramétertartományba esik.
3. A technológia optimalizálására komplex célfüggvényt javaslok, amely a szilárdsági és esztétikai szempont egyidejű figyelembevételével reális optimumot eredményez. A javasolt célfüggvény:

   $Y=Rn \cdot (s-h)k$ alakú.

4. A komplex szempont alapján legkedvezőbbnek talált technológiai variánssal készített n=100 elemű mintán meghatározott méretezési nyíró-szakítóerő nagysága mindössze 1,37% relatív szórás mellett 15,87 kN volt, ami megfelel az amerikai RWMA által kidolgozott és nemzetközileg is elfogadott besorolási rendszer A betűvel jelölt legjobb minőségi osztályának.

Irodalomjegyzék

[1]: Szabó P.: Hegesztéstechnológia optimalizálása összetett célfüggvény segítségével,Országos TDK Konferencián (Sopron, 1995) díjnyertes dolgozat, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 1994. p.:1-33.

[2]: Szabó P.: Vékony lágyacéllemezek ellenállásponthegesztési feladatának optimalizálása nemlineáris polinommal (TDK dolgozat), Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 1995. P.:1-26.,

[3]: Dowdy, S.; Wearden S.: Statistics for Research, John Wiley and Sons, New York, 1983.

[4]: Balogh A.: A new concept for optimisation of welding technology, Publ. Univ. of Miskolc, Series C. Mechanical Engineering, Vol. 46 (1996) No.1. pp. 65-76

Szabó Péter, Doktorandusz,

Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros, Tel: (46)-365-111 / 18-44

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

RÉSZECSKE ERŐSÍTÉSŰ KOMPOZIT ELŐÁLLÍTÁSA SZÍNTERELÉSSEL

Sólyom Balázs, Kovács Jenő, Gácsi Zoltán, Teleszky Ilona

Kerámia részecskékkel erősített fémmátrixú kompozitanyagnak (rövidítve PR MMC, az angol „Particular Reinforced Metal Matrix Composites" kifejezésből) olyan fémmátrixú anyagokat nevezünk, amelyek homogén eloszlású, mikroméretű (100 μm alatt) kerámia részecskéket (pl. SiC) tartalmaznak néhány térfogat % mennyiségben. A kutató munkák nagy része olyan alumínium- és más könnyűfémmátrixú anyagok fejlesztésére irányul, amelyek kis tömegűek, nagy szilárdságúak és/vagy merevek. Manapság főleg a szemcsékkel erősített, alumínium mátrixú kompozitok gazdaságos gyártási módszerei a legjelentősebbek [1].

Munkánk során célul tűztük ki alumínium mátrixú, részecske erősítésű kompozit porkohászati úton, színtereléssel történő előállítását. Előkísérleteink során SiC- és WC- részecskékkel erősített hengeres próbatesteket készítettünk, majd a kész próbákat scanning elektronmikroszkóppal és automatikus képelemző berendezéssel vizsgáltuk. Összehasonlítottuk a különböző terhelőerővel préselt anyagok mikroporozitását, illetve vizsgáltuk a porozitást színterelés előtt és után.

Kompozit elôállítása porkohászati úton

Az irodalmi adatok alapján [2] a szemcsés kompozitok elôállításának egyik lehetséges módja a következô:

1. a fémpor és a kerámia szemcsék összekeverése,
2. a porkeverék hideg sajtolása,
3. a viszonylag még kis szilárdságú sajtolt darabok hőkezelése (színterelése) védőgáz atmoszférában.

Az egyenletesen elkevert keverék sajtolása közben a porszemcsék deformálódnak, érintkezési felületük megnő, a pórusok részben kitöltődnek. A póruscsökkenés növeli a térkitöltést. A térkitöltés a sajtoló nyomással egyenes arányban növekszik. A porokból kialakított termékek a hőkezelés során elnyerik végleges szilárdságukat és tömörségüket. A hőkezelés legtöbbször redukáló-, inert-gáz atmoszférában vagy vákuumban történik, mert a részecskék felületén kialakuló oxidhártya

megakadályozná az atomok közötti fémes kapcsolatot. Színterelésnél olyan munkahőmérsékletet alkalmaznak, amelyen a sajtolt termék még nem olvad meg, de a felületükön már meglágyult porszemcsék jól összetapadnak, szilárd, összefüggő, kissé porózus termék alakul ki. A színterelés hőmérsékleteként a fő komponens olvadáspontjának 2/3-3/4 értéke közti hőmérsékletet választják. A hőkezelés időtartamát elsősorban kísérleti úton határozzák meg. A termék pórustérfogata színterelés közben lecsökken, sűrűsége nô [2].

Kísérletek

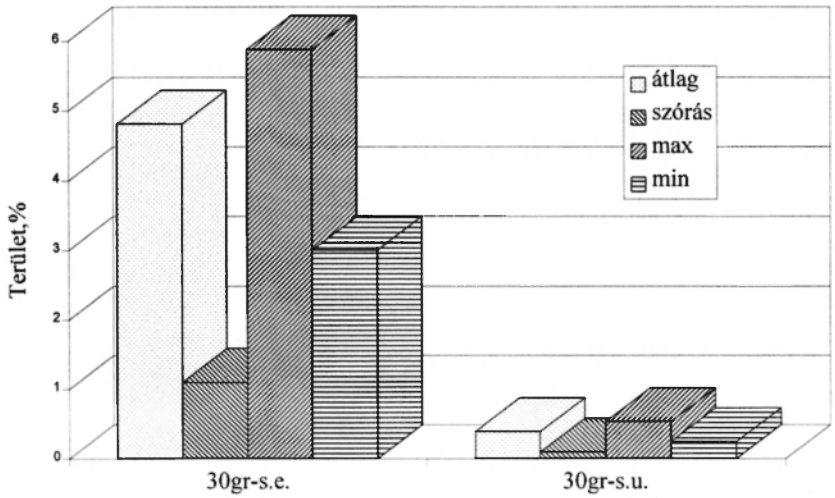
Először egy egyszerűbb szerszám segítségével hengeres próbadarabok sajtolását végeztük el. Az alumínium port mágneses keverô segítségével SiC- és WC-porral kevertük össze. A sajtolt alumínium por 99,5%-os tisztaságú, névleges szemcsenagysága 160 μm volt. A kész próbadarabokat kvarccsőben, vákuumban 600°C hőmérsékletű kemencében színtereltük. Az 1. táblázat tartalmazza a sajtolás és színterelés adatait.

1. táblázat
Színterelt porkohászati kompozitok kísérleti előállításának paraméterei

Próba jele	Alkalmazott terhelőerő (kN)	Színterelés időtartama (perc)	Alkalmazott kenőanyag	A sajtolt por összetétele (tömegszázalék)
2PO	20	60	Paraffin olaj	10% SiC+90%Al
5PO	50	60	Paraffin olaj	10% SiC+90%Al
10PO	100	30	Paraffin olaj	10 %SiC+90%Al
15PO	150	30	Paraffin olaj	10%SiC+90%Al
30PO	300	10	Paraffin olaj	10%WC+90%Al
30Gr	300	10	Grafit	10%WC+90%Al
30Zn	300	10	Cink-sztearát	10%SiC+90%Al

A sajtolt és színterelt próbadarabokat AMRAY 1830 I típusú scanning elektronmikroszkóppal vizsgáltuk 500-szoros nagyításban. Minden próbadarabról 20 látótérben készítettünk felvételt, tízet a hengeres darab felső - a mozgó bélyeg által nyomott felületéről - tízet pedig az alsó, az alátétlappal érintkező felületről. Ezután a vizsgált felületeken Quantimet 570C típusú automatikus képelemző berendezés segítségével meghatároztuk a próbadarabok porozitását. A 20 és 50 kN terhelő erővel sajtolt próbákon a darabok törékenysége miatt nem sikerült porozitást mérni.

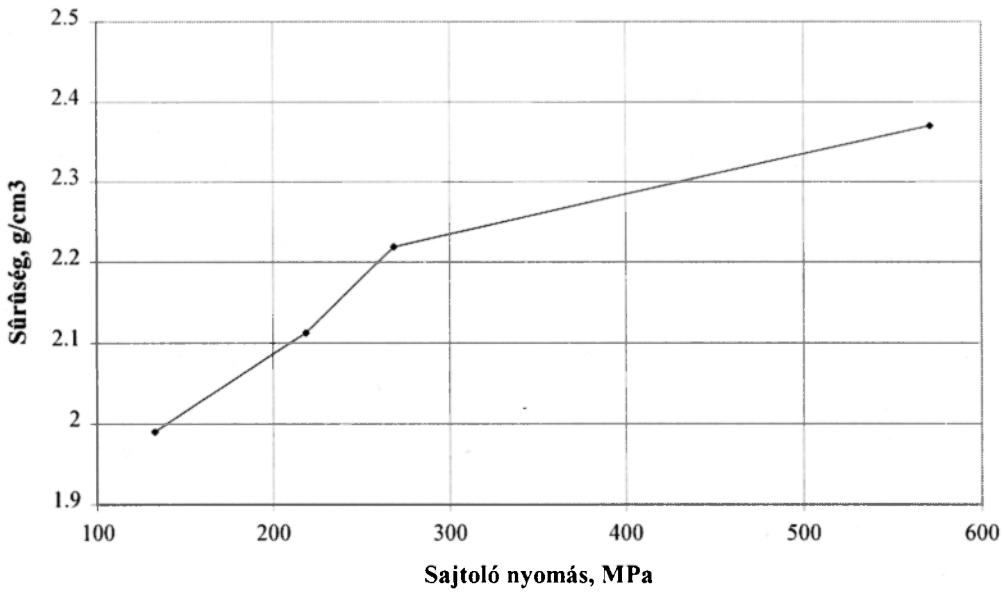
A elôkísérletek során arra a következtetésre jutottunk, hogy az általunk használt kenőanyagok közül a paraffin-olaj alkalmazásával értük el a próbadaraboknál a legkisebb porozitást, így a további kísérletekhez ezt a kenôanyagot használtuk. Azt is tapasztaltuk, hogy a próbadarabok porozitása a színterelés közben jelentôsen csökken (1. ábra).



1. ábra
A 30Gr jelű próba porozitása színterelés előtt és után
(s.e. = színterelés elôtt, s.u. = színterelés után)

Porkohászati kompozitok további vizsgálatának céljára elkészült egy olyan sajtolószerszám, mellyel az ISO 3325 szabvány szerinti porkohászati szakító próbatest készíthető el. Ezzel a szerszámmal először tiszta alumínium porból 4 próbát sajtoltunk.

A 3. ábra bemutatja a próbák sűrűségének változását a sajtoló nyomás függvényében.



2. ábra
Szakítópróbák sűrűségének változása a sajtoló nyomás függvényében

Eredmények

A hengeres próbákkal végzett elôkísérletek eredményeként megállapítható, hogy megfelelô tömörségű próbák préseléséhez legalább 200 Mpa sajtoló nyomás szükséges. Színterelés közben a próbák mikroporozitása jelentôsen csökken, illetve a felsô, a mozgó bélyeggel érintkező felületen a pórussűrűség kisebb, mint az alsó felületen.

A porkohászati szakítópróbákkal végzett kísérletek bizonyították, hogy a sajtoló nyomás növelésével a kész darabok sűrűsége nem lineárisan növekszik, és kellô tömörségű szakítópróbák elôállításához nagyobb sajtoló nyomás szükséges (legalább 500 Mpa), mint a hengeres próbatestek esetén.

A jövôben különbözô kerámia részecskékkel (SiC, WC) erôsített szabványos porkohászati szakítópróbát kívánunk elôállítani, meghatározva a legmegfelelôbb színterelési paramétereket a szilárdsági jellemzôk függvényében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzôk köszönetüket fejezik ki az *Országos Tudományos Kutatási Alapnak* a kutató munka anyagi támogatásáért (OTKA 16896), valamint a kísérletek elôkészítésében nyújtott segítségért az *ME Mechanikai Technológia Tanszék* és *Fémkohászattani Tanszék* dolgozóinak és a *Sunplant Bt*-nek.

Irodalomjegyzék

[1] V. K. Lindroos, M. J. Talvitie: Journal of Materials Processing Technology, 1995. aug. p. 273-284.

[2] J. H. Dudas, C. B. Thompson: Modern Developments in Powder Metallurgy, Vol. 5, Plenum Press, New York, 1971., p. 19-36.

Sólyom Balázs doktorandusz

Kovács Jenő doktorandusz

Gácsi Zoltán egy. docens, PhD

Teleszky Ilona tudományos munkatárs, PhD

Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék, Miskolc-Egyetemváros H-3515

Tel: (36)(46) 365-111/15-34, Fax: (36)(46) 365-924

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

FOLYADÉKOK HÔTRANSZPORTJÁNAK VIZSGÁLATA EJTÔTORONYBAN

Csontos Attila, Bárczy Pál, Czél György

Összefoglalás

Folyadékok hőtranszportotját vizsgáltuk szabadesés közben a brémai ejtőtorony, rövid idejű 4.75s-ig tartó mikrogravitációs (μg), 10^{-5} g, környezetében. Kontrollként földi, 1g , kísérleteket végeztünk. Célunk a hővezetési tényező pontos mérése valamint a folyadék viszkozitás hővezetésben játszott szerepének tisztázása.. Az e célra intézetünkben kifejlesztett HCMS (Heat Conductivity Measurement System) segítségével ethylen-glycol és glycerin lehűlési görbéit vettük fel a 4.75s-os szabadesés ideje alatt.

A mérési eredmények egyértelműen demonstrálják, hogy a minták eltérő viszkozitása, valamint a folyadékokra aktuálisann ható gravitáció nagysága alapvetően befolyásolja a bennük létrejövő hőtranszportot.

Bevezetés

Folyadékok esetében földi, 1g gravitációs környezetben, a hőtranszport mindig két részbôl áll. A konvektív vagy hőáramlásos, (Bouyancy és Marangoni konvekció), és a konduktív vagy hőátadásos tagból. Az utóbbi jelenti a tisztán molekuláris hővezetést, melyet a hővezetési tényezővel jellemezhetünk.

Az áramlások pontos ismerete nehéz, ezért e helyett inkább olyan környezetet próbálunk létrehozni, ahol kiküszöbölhetjük az áramlások jelenlétét. Mikrogravitációs, μg , környezetben a Bouyancy, hőmérséklet vagy koncentráció különbség okozta áramlás, nem lép fel. Ilyen környezetet jelent az űr és a szabadonesés állapota is. Ekkor a szilárd anyagok hővezetését leíró Fourier- egyenletet használhatjuk. (Ilyen környezet nélkül is számolhatunk a Fourier-egyenlettel, ekkor azonban csak az un. látszólagos hővezetési együtthatót tudjuk meghatározni, melyben a konvekciós hővezetés is benne van.) A Fourier-

egyenlet kétdimenziós, időfüggő alakjának végesdifferencia módszerrel történô explicit megoldása lesz esetünkben a hővezetési tényező meghatározásának munkaegyenlete:

$$\lambda_{i,j,k} = \frac{T_{i\,j\,k+1} - T_{i\,j\,k}}{T_{i+1,j,k} + T_{i-1,j,k} + T_{i,j+1,k} + T_{i,j-1,k} - 4T_{i,j,k}} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} \cdot p_{i,j,k} \cdot c_{i,j,k} \qquad (2)$$

λ- a hővezetési tényezô, m^2s^{-1}

i- a koordináta rendszer vízszintes;

j- az erre merőleges irány koordinátája;

k- az időkoordináta,

T- a hőmérséklet, K

Δx a térbeli osztásköz, m, (a termoelemek egymástól mért távolsága, és Δx=Δy az x-y síkban),

Δt az időkoordináta osztásköze, s, (a mintavételezési sebessége),

c- az állandó nyomáson mért fajlagos hőkapacitás, $Jkg^{-1}K^{-1}$

p- a sűrűség, kgm^{-3}

A megoldás stabilitási feltétele, hogy:

$$a\Delta t\Delta x^{-2} \leq 0.5, \qquad (3)$$

ahol *a*- a hődiffúziós együttható, $(=\lambda c^{-1}p^{-1})$, m^2s^{-1} .

Tehát 5 térkoordinátában és ehhez kapcsolódóan 2 időkoordinátában kell a hômérsékletet mérni a mintában ahhoz, hogy a λ kifejezhetô legyen. ($c_{i,j,k}$ és $p_{i,j,k}$ értékeket melyeknél az indexelés tulajdonképpen hőmérsékletfüggést fejez ki, kézikönyvekbôl, [..] vesszük.) Ekkor

$$\lambda_{i,j,k} = \sum_{i,j} T_{i,j,k} / 5 \qquad (4)$$

vagyis a mintavételezési időpontban mért hőmérsékletek átlagához rendeljük λ-t. (Gyors mintavételezés és egymáshoz közel esô mérési pontok esetén ez megtehetô.)

Kísérleti eredmények

A HCMS (Heat Conductivity Measurement System részletes bemutatása a [ ]-ban szerepel. Az eszköz kimondottan a ZARM (Center of Applied Space Technology and Microgravity, Bréma, Németország) körülményeihez illeszkedik, tehát lehetôvé teszi a 4.75s- os szabadesés közben a hülési görbék felvételét.

Működésének alapja, hogy a mintatartójában elhelyezett folyadékot felfűtjük és hôntartjuk míg a mintatérben egy állandósult hômérsékletet kapunk Ezt követi egy erôteljes hűtés, melyet a mintatartóra húzott jeges-víz fürdôvel érünk el, abban a pillanatban mikor az ejtés elindul. Ilyen körülméntek mellett a mintában áramlásmentes hővezetést valósítunk meg. A hômérséklet értékeket a mintatér 5 pontjában

folyamatosan mérjük gyors válaszidejű K típusú termoelemekkel, melyeknél $\Delta x=\Delta y=1mm$ és a mintatartó alját lezáró 20 μm-es fémfóliától a legalsó 0.5 mm-re helyezkedi el.

Az áramlások létrejöttét és hővezetésbeli szerepét alapvetôen befolyásolja a minta viszkozitása. Kísérleteinket ezért különbözô viszkozitású folyadékokon vegeztük melyek a követekezôek voltak:

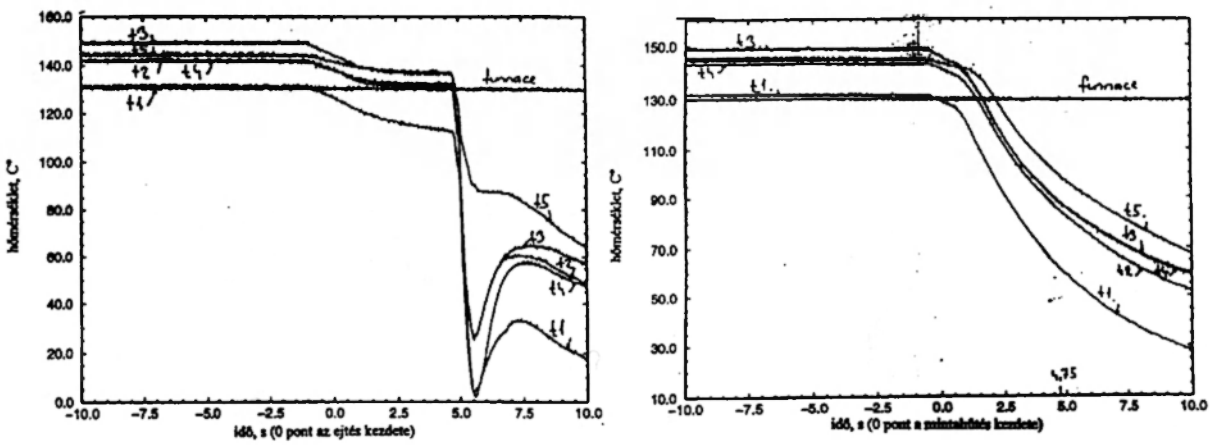
1. táblázat A minták termofizikai tulajdonságai és kísérleti körülményei

Minták (adatok 25 C^{o}-on)	* Hôvezetési együttható, $Wm^{-1}K^{-1}$	Viszkozitás, mPas	Sűrűség, kgm^{-3}	Fajhô, $Jkg^{-1}K^{-1}$	Forrás pont, C^{o}	**Alk. ΔT, C^{o}
Ethylen- glyco	0.25	16.1	1108	2478	199	150
Glycerin	0.28	934	1261	2373	290	125

* A hővezetési adatok a [..]-bôl, melyek földi körülmények között végzett mérések így nevezhetjük ôket látszólagos hôvezetési tényezônek.

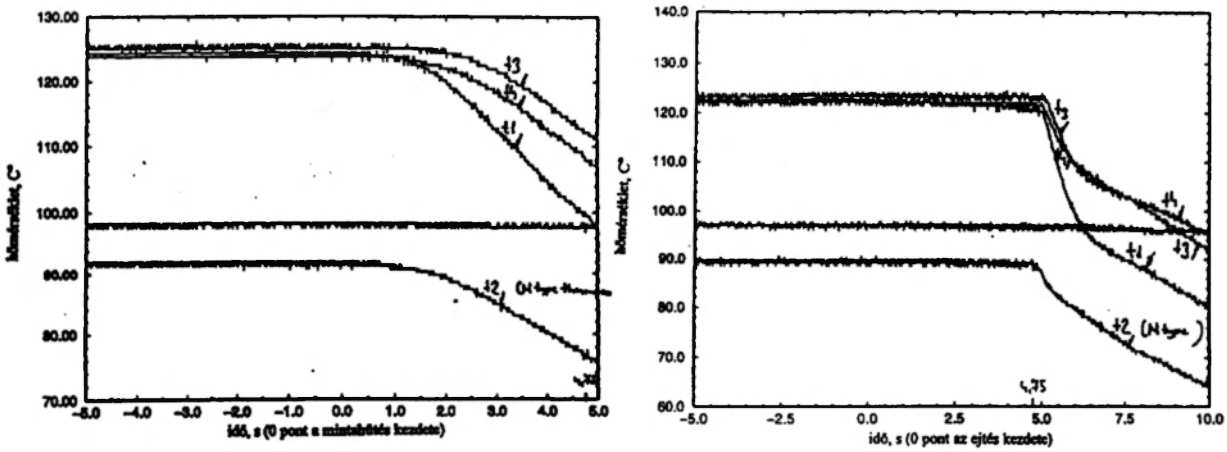
** Alkalmazott ΔT jelenti a hűtô közeg és a felfűtési hômérséklet különbségét.

A következô lehűlési görbéket mértük:



1.ábra. Ethylen-glycol lehűlése μg-ban (bal oldal) és 1g kontroll kísérlete

Az ejtési görbe x= [-1 , 1.5] tartományán a az ejtési pillanat előtt meginduló áramlásos hővezetés okozta lehűlést figyelhetjük meg. Kb.1 s kell ugyanis ahhoz, hogy a kemence felemelkedjen a mintatartóról és helyére a jeges-víz fürdő kerüljön. Eközben a minta már elkezd hűlni az aktuális 1 g-nek megfelelően. Az ejtési szakaszban x=[0 , 4.75], a hűtés meredeksége lecsökken ahogy az áramlások megszűnnek. x=4.75-nél érkezik az ejtőkapszula a lassító zónába, ahol 10^4-10^5 g lassulás hatására igen erős áramlások indulnak el benne, melyet a meredek lehűlés jelez. Ez után a hülés az 1g-nek megfelelően halad tovább.



2.ábra. Glicerin hülési görbéi μg-ban (bal oldal) és 1g kontroll kisérlete

Az előző kisérletettől alapvetően eltérő μg tartománybeli viselkedés oka a glicerin magas viszkozitása. E miatt az áramlások meg sem indulnak a μg szakasz előtt. A lassulás magas g értékének hatása viszont ismét szembeszökően jelentkezik a meredek hülési szakaszban.

Az adatok feldolgozása folyamatban van. A hővezetési tényezők meghatározása további célunk az áramlások megindulására illetve jelenlétére jellemző kritikus Rayleigh szám meghatározása

Irodalom

[1] Gy. Czél, A. Csontos and P. Bárczy: Equipment for measuring the heat conductivity of liquids under μg condition.proc. Drop Tower Days 1996 in Bremen, july 8-11, 1996, 8-3-8-5.

[2] D.R.Lide, editor-in-chief: CRC Handbook of Chemistry and Phisics. 73-rd edition 1992-1993

Csontos Attila, doktorandusz

Bárczy Pál, egyetemi tanár, tanszékvezető, intézetigazgató,

Czél György, egyetemi doktor, kutató mérnök,

Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet, Nemfémes Anyagok Tanszéke

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

EGY KÖZELÍTŐ MÓDSZER AZ ORTOTRÓP ANYAGÚ RUDAK CSAVARÁSI FELADATÁNAK MEGOLDÁSÁRA

Gulyás Lajos

Összefoglaló :

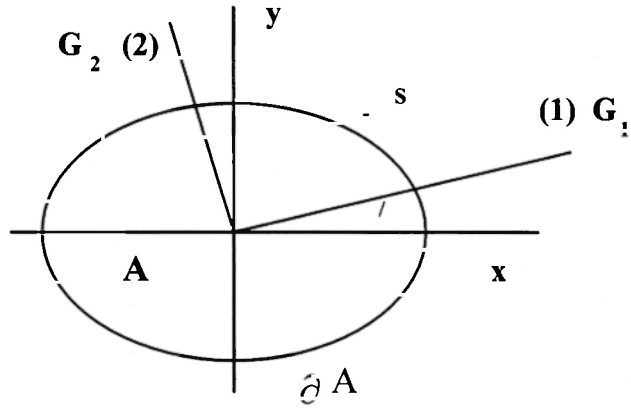
E tanulmány tárgya homogén, anizotróp, lineárisan rugalmas anyagú prizmatikus rudak Saint Venant féle csavarási feladatának egy numerikus megoldási módszere. A tanulmány eredményei tömör keresztmetszetű prizmatikus rudakra vonatkoznak, noha a levezetett összefüggések némi módosítással üreges keresztmetszetű prizmatikus rudakra is kiterjeszthetők.

A Perem approximáció

Az előadásban ismertetésre kerülő perem approximációs módszer elméleti hátterét döntően a Trefftz eljárás adja. A perem approximációs eljárások igen hatékonyan használhatók lineáris peremérték feladatok numerikus megoldására. Több előnnyel rendelkeznek az úgynevezett tartományi approximációs eljárásokkal szemben. A perem approximációs eljárásokban a közelítés elsősorban a vizsgált tartomány peremére lokalizálódik. A probléma mezőegyenletei a vizsgált tartomány minden belső pontjában kielégítettek szemben az igen elterjedt tartományi approximációs eljárásokkal. További előny, hogy a diszkretizálásnál csak a peremgörbét kell felosztani, nem szükséges a tartományra illeszkedő háló generálása, valamint az ismeretlen mennyiségek csak a peremgörbéhez kötődnek. A perem módszerek alkalmazásában kitüntetett szerepe van az úgynevezett alapmegoldásnak. Az alapmegoldás az összes mezőegyenletet kielégíti eltekintve a forrásponttól.

Alapvető feltevés, hogy a rúd keresztmetszet síkja egybeesik a rugalmasság egy szimmetria síkjával. A palást feszültségmentességét biztosító statikai peremfeltételt csak a peremgörbe egy diszkrét ponthalmazán teljesül. A közelítő megoldást a vetemedési függvény differenciálegyenletében szereplő páros rendű differenciáloperátor különböző pontokhoz tartozó alapmegoldásai lineáris kombinációjaként építtetik fel.

Az ábra egy anizotróp anyagú prizmatikus rúd keresztmetszetét szemlélteti, ahol (1), (2) az anizotrópia főirányait jelöli ki,



(1.ábra)

$$
\begin{aligned}
a_1 &= G_1 \cos^2(\alpha) + G_2 \sin^2(\alpha) \\
a_2 &= (G_2 - G_1)\cos(\alpha)\,\sin(\alpha) \\
a_3 &= G_1 \sin^2(\alpha) + G_2 \cos^2(\alpha)
\end{aligned}
\tag{1}
$$

Az a_1 , a_2 , a_3 anyagállandók és az anizotrópia főirányaihoz tartozó G_1 , G_2 csúsztató rugalmassági modulusok kapcsolatát a fenti egyenlet mutatja.

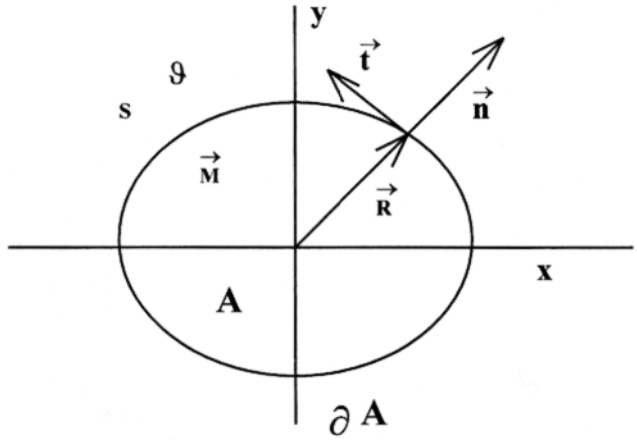
A szóban forgó differenciálegyenlet és statikai peremfeltétel, amely a keresztmetszet öblösödési függvényét határozza meg az alábbi :

$$
\mathbf{a}_1 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \mathbf{x}^2} + 2\mathbf{a}_2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \mathbf{x}\partial \mathbf{y}} + \mathbf{a}_3 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \mathbf{y}^2} = 0 \qquad (\mathbf{x},\mathbf{y}) \in \mathbf{A} \tag{2}
$$

$$
\begin{aligned}
&(a_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + a_2 \frac{\partial \varphi}{\partial y}) n_x + (a_2 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + a_3 \frac{\partial \varphi}{\partial y}) n_y = \qquad (x,y) \in \partial A \\
&= (a_1 y - a_2 x) n_x + (a_2 y - a_3 x) n_y = 0
\end{aligned}
\tag{3}
$$

ahol $\varphi(x,y)$ az úgynevezett öblösödési függvény.

(2. ábra) : a csavart prizmatikus rúd keresztmetszete.



(2.ábra)

Az alkalmazott jelölések a következőek:

ϑ : fajlagos elcsavarodás, M : csavarónyomaték, ∂A : peremgörbe, s : ∂A-n értelmezett ívkoordináta, $\vec{n} = n_x \vec{e}_x + n_y \vec{e}_y$ az A felület normálisa, φ : öblösödési függvény.

A csúsztató feszültségek és az öblösödési függvény kapcsolatát a

$$\tau_{xz} = \vartheta \left\{ a_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + a_2 \frac{\partial \varphi}{\partial y} - a_1 y + a_2 x \right\} \tag{3}$$

$$\tau_{yz} = \vartheta \left\{ a_2 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + a_3 \frac{\partial \varphi}{\partial y} - a_2 y + a_3 x \right\} \tag{4}$$

összefüggések írják le.

A csavarónyomaték számítása az alábbi formula felhasználásával történik:

$$S = \int_{\partial A} \left[\left(-y a_1 + x a_2 \right) n_x + \left(-y a_2 + x a_3 \right) n_y \right] \varphi \, ds + \int_A \left(a_3 x^2 + a_1 y^2 - 2 a_2 x y \right) dA \tag{5}$$

Az (1), (2) egyenletek által kijelölt kerületérték probléma közelítő megoldását

$$\tilde{\varphi} = \tilde{\varphi}(x, y) = \sum_{i=1}^{M} c_i \ln \left[\left| \frac{(x - m_i)^2}{a_1} + 2 \frac{(x - m_i)(y - n_i)}{a_2} + \frac{(y - n_i)^2}{a_3} \right| \right] \tag{6}$$

alakban állítjuk elő. A c_i állandókat a peremkollokációval kapcsolatos egyenletrendszer megoldása adja.

A tanulmány ismerteti azokat a formulákat vázlatos levezetéseikkel együtt, amelyek alkalmazásával közvetlenül megkapjuk a csúsztató feszültségmezőt, és a csavarási merevséget a közelítő megoldásból. A kidolgozott közelítő módszer alkalmazását néhány számpélda szemlélteti.

Az alkalmazott módszer néhány tulajdonsága

a, A perem típusú közelítő megoldás ennek következtében az input adatok generálása könnyebb, mint a tartományi típusú közelítő eljárásoknál (pl végeselem módszernél).

b, A mechanikai mennyiségek reguláris egyenletekkel, formulákkal fejezhetők ki, nincs szükség szinguláris integrálok kiértékelésére, mint az egyéb típusú módszereknél.

c, Az előadott közelítő módszer igen alkalmas érzékenység analízis formuláinak kifejlesztéséhez, hiszen szingularitás mentes kifejezésekből közvetlenül az alakparaméterek szerinti differenciálással nyerjük az érzékenység analízis formuláit, amelyek szintén mentesek mindenfajta szingularitástól.

d, A számítás pontossága igen erősen függ a forráspontok helyétől, főleg a forráspontok és a tartomány határgörbéjének a távolságától.

IRODALOM

[1] C. Patterson and M.A. Sheikh, " On the use of fundamental solutions in Trefftz method for potential and elasticity problems" in C. A. Brebbia (ed) , Boundary Element Methods in Engineering (Proc. Int. Conf. on BEM, Suothampton, England, 1982), Springer, Berlin, pp. 43-57, 1982.

[2] M.A. Sheikh and C. A. Patterson, " A Modified Trefftz method for Fluid flow ", in T. Kawai (ed) Finite Element Flow Alnalysis (Proc. 4th Int. Sympt. on Finite Element Methods in Flow Problems) Univ. Tokyo Press, Tokyo, pp. 973-980, 1982.

[3] M. Okomato, T. Sekiya : Some practical Solutions for Elastic Torsion of Bars, Mechanics Research Communications, július 24-26 , 1991.

[4] Weber C. : Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, band 4, 1924.

[5] C. Г. Lexnickij : Anizotróp és nemhomogén anyagú rudak csavarása, Moszkva, 1971.

Gulyás Lajos doktorjelölt hallgató, Miskolci Egyetem, Miskolc - Egyetemváros 3515,
06/46/365-111

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Helikoid felületek 3D-s mérése automatizált integrált gyártórendszerekben

Bajáky Zsolt, Dr. Bányai Károly

1. Bevezetés

Napjainkban a technológiai folyamattervezést behálózó rugalmas gyártórendszerek, ezen belül a CAD/CAM, CAQ rendszerek térhódításával egyre erősebb az igény az alakos felületek gyors, pontos és automatizált gyártási és ellenőrzési módszerei iránt.

A csavarfelületek rugalmas gyártórendszerben történő gyárthatóságát az teszi lehetővé, hogy mind a geometria, mind pedig a technológia alapján a mérettartománytól függően azonos gépen munkálhatók meg, így alkatrész családot képviselnek.

Ugyanakkor minden egyes csavarfelület megmunkálásához - a legkisebb méreteltérés esetén is - más profilú köszörűkorong szükséges, így minden munkadarab egyedi darabnak tekinthető. Ennek az ellentétnek a feloldása csak komoly gyártásgeometriai elemzés során lehetséges.

Az elemzés során sikerült egy olyan általános modellt megalkotni, amely beállítható kinematikai paraméterek mellett, adott munkadarab felület esetén számítógép segítségével megadja a szükséges köszörűkorong profil koordinátáit [1].

A modell segítségével történt elemzés során megoldhatóvá válnak azok a problémák, amelyek a rugalmas gyártórendszerben történő minőségi gyártás akadályát képezték a csavarfelületek vonatkozásában.

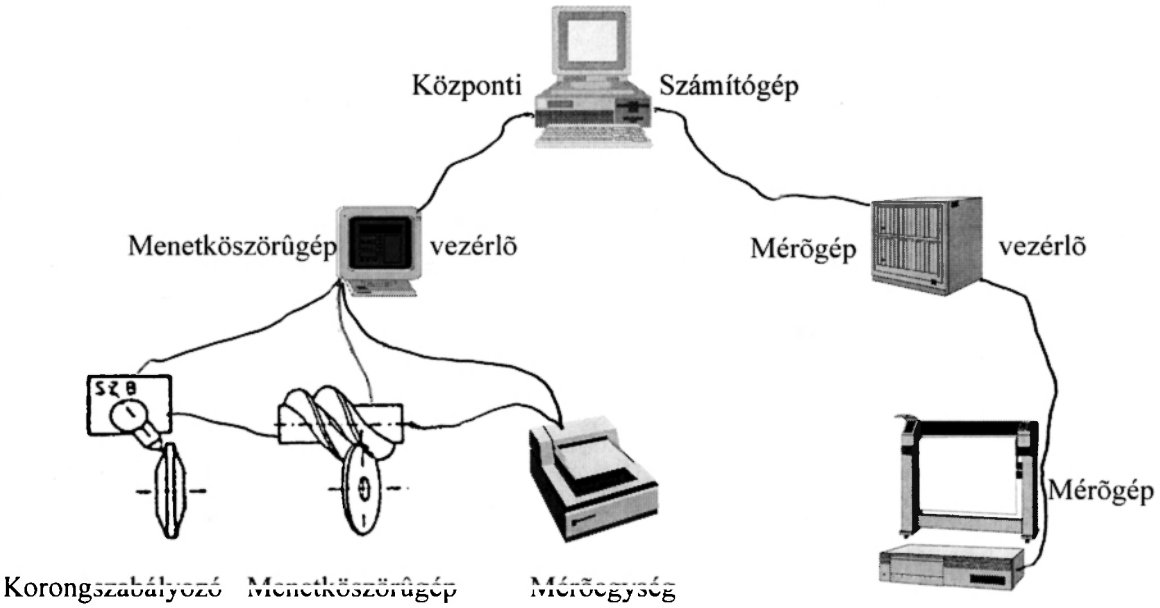
Másfelől a koordináta-méréstechnika elterjedése és a számítástechnikával való ötvöződése megköveteli, a más alkatrészeket is előállító rugalmas gyártórendszerekben a legelterjedtebb csavarfelületek geometriai mérésének és ellenőrzési módszerének továbbfejlesztését általános célú CNC vezérlésű koordináta mérőgépeken.

A jelenleg forgalomban lévő körasztal nélküli általános célú mérőgépek beépített mérőprogramjai nem teszik lehetővé a térbeli csavarfelületek mérését. A gyártásgeometriai elemzés során kialakított matematikai modell segítségével viszont már lehetséges egy olyan mérési módszer kidolgozása, amely lehetőséget biztosít bármely csavarfelület geometriai ellenőrzésére általános célú háromkoordinátás mérőgépen [2], [3], [4]. E mérési módszer alapján kidolgozott szoftverrendszer biztosítja majd az egyes gyártási paramétereknek a csavarfelület alakhibájára gyakorolt hatásának a vizsgálatát, valamint ezen hatások elemzését, a mérési eredmények kiértékelését megkönnyíti és visszacsatolt beavatkozást tesz

lehetővé a gyártási folyamatba. Ugyanakkor a számítógépes program segítségével meghatározott profilpontok alapján rövid idő alatt megtervezhető a csigakereket megmunkáló szerszámok profiljai is.

2. Az integrált rendszer struktúrája

Az előbbi feladatok megoldása után az egyes elemek rendszerbe kapcsolhatók. Az elemek egymás közti kapcsolatait úgy mutatjuk be, mintha egy rugalmas gyártócellát alkotnának, így nem térünk ki a rendszer más elemeivel való kapcsolatokra és egyéb funkciókra, hanem csak a csavarfelületek gyártásával és mérésével kapcsolatos funkciókkal foglalkozunk kutatásaik során.



1. ábra A rendszer struktúrája

A fő funkciók a kiemelt elemek esetében mindenképpen intelligens berendezéseket kívánnak meg. Természetesen a központi számítógép által végzett előfeldolgozások és eredmény-feldolgozások egy része leosztható a többi vezérlő felé, amennyiben azok megfelelő intelligenciával rendelkeznek (1. ábra).

3. Geometriai ellenőrzés koordináta mérőgépen

Bonyolult térbeli felületek geometriai mérésének (akár érintéses, akár érintés nélküli mérésről van szó) alalpvetöen két lehetséges esete van :

a.) A felület egyenlete egy adott koordináta rendszerben felírható és ebben a esetben a mért pontok koordinátáit az egyenlet alapján meghatározhatók, majd az elméleti pontok koordinátáival összevetve határozhatók meg az eltérések. Ebben az estben viszonylag kevés mérési pont alapján is elvégezhető a felület geometriai minősítése.

b.) A felület „ szoborszerű", így egyenlete egyetlen koordináta rendszerben sem adható meg. Az elméleti felületet ponthalmaz reprezentálja, tehát a felület „ hézagosan" adott és legtöbbször nincs vonatkoztatási rendszere.

Ebben az esetben a mérés a felület feltérképezését jelenti és a mért felületnek az elméleti felületre való illesztése után határozhatók meg az eltérések. A felület feltérképezése igen sok mérési pont felvételét jelenti, ezek feldolgozása (pl. felületregresszióval) hosszadalmas.

Egy mérõprogram elkészítésénél az alábbi alapvetõ követelményeket kell figyelembe venni :

- a mérés megkezdésétől az eredmények kiértékeléséig eltelt idő legyen rövidebb mint a gyártási idő,
- a kiértékelés pontossága nagyságrenddel a gyártási tűrés határán belül legyen,
- a kiértékelt eredmények nyújtsanak lehetőséget a hibás technológiai paraméterek meghatározására.

Ezen követelmények figyelembe vételével a csavarfelületek mérésére az **a.**) módszert választottuk, a mérés elve és folyamata már korábbi publikációkban ismertetésre került [2], [4]. Ezekben a publikációkban a mérési módszer részletesen ismertetésre került. Itt egy olyan kiegészítő eljárást mutatunk be, amely az integrált gyártórendszerbe illeszthető méréshez a feldolgozás automatizáltsági szintjének növelését biztosítja. Ezen eljárás a több bekezdésű csigák mérését és kiértékelését teszi lehetővé.

3.1. A menetfelület automatikus felismerése

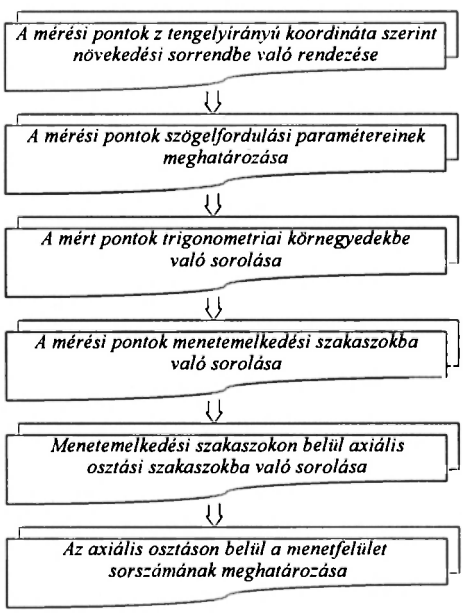
A menetfelület geometriai minősítése a vizsgált felületen elhelyezkedő mért pontok feldolgozásával történik. Több bekezdésű csiga esetén több menetfelület van, amelyekhez tartozó mért pontokat menetenként külön kell válogatni. Egy mért ponthoz tartozó menetfelület sorszámának meghatározása azért különösen fontos, mert - bár az elméleti menetfelületek azonosak - egyenleteik eltérőek, hiszen a méréshez csak egyetlen koordinátarendszert veszünk fel. A menetfelület sorszámának meghatározása összetett feladat, hiszen a bekezdések számától függetlenül is a csavarfelület jellegzetesen periodikus. Ezt az egyenletében szereplő „k" tényező mutatja: (hengeres csiga esetében)

$$\begin{cases} x_{1F} = -\eta \cdot \sin(\vartheta) \\ y_{1F} = \eta \cdot \cos(\vartheta) \\ z_{1F} = p \cdot (\vartheta + k\pi) + f(\eta) \end{cases} \qquad (1)$$

ahol:

η - a vezérgörbe paramétere,
ϑ - a vezérgörbe szögelfordulásának paramétere,
p - emelkedési paraméter,
k - a menetemelkedés miatti periodicitásra jellemző tényezők (k = 0, 1, 2, ...)
f (η) - a tengelymetszeti profil egyenlete.

A mért pont elhelyezkedése a menetfelületen, illetve a menetfelület sorszáma a mért pont z_{1F} tengelyirányú koordinátája, valamint a menetemelkedés és a t_{ax} axiális osztás ismeretében egyszerűen meghatározható. Az eljárás folyamatábrája a 2. ábrán látható.



2. ábra

4. Következtetések

A mérés folyamatában szereplő számításokat a fenti megfontolások alapján elvégezve kiküszöbölhetőek azok a pontatlanságok, amelyek a hibás csavarfelület és az elméleti csavarfelület összehasonlításából számítások utján keletkeznek. Mind a koordináta rendszerek különbözősége, mind a hibás geometriai paraméterek miatt keletkező értékelési pontatlanságok nagyságrendekkel csökkenthetőek. Ezen előzetes megfontolások biztosítják, hogy az 3. pontban megfogalmazott követelményeknek a mérőprogram megfeleljen.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A csigahajtópárok gyártásának intelligens automatizálása a korszerű minőségi gyártás mai követelményei miatt aktuálissá vált. A jelenlegi gyártásban csak egyes elemeit sikerült még csak világszerte megvalósítani, de egy átfogó rendszert még nem építettek ki.

Jelen dolgozatban bemutattuk egy átfogó rendszer felépítését, és egyes elemeinek, részrendszerének megvalósítására szolgáló megfontolásokat, módszereket. A rendszer néhány elemét (CNC korongszabályozó, mérőprogram, koncepciós tervező programok) már megvalósítottuk a többi elem kidolgozása és rendszerbe kapcsolásának megvalósítása jelenleg kiemelt kutatási témánk. Úgy véljük, hogy mind az elméleti alapok és módszerek, mind pedig a megvalósítást szolgáló korszerű eszközök egyrészt a termelékenységet másrészt pedig a végtermékek minőségi jellemzőit fokozzák.

Irodalomjegyzék

[1] **I. DUDAS**: *Csavarfelületek gyártásának elmélete.* Akadémiai doktori értekezlet. Miskolc, Hungary 1991 .

[2] **I. DUDAS - Zs BAJÁKY** : *Measurement of helical surfaces in CIM-System.* Proceedings of the Joint Hungarian-British International Mechatronics Conference, Mechatronics The Basis for New Industrial Development Computational Mechanics Publications, Southampton Boston, 1994. p: 23-28.

[3] **K. BANYAI**: *Hengeres csigák gyártásgeometriája és ellenőrzése*, Egyetemi doktori diszertáció, Miskolc, 1987

[4] **I. DUDAS - K. BANYAI**: Bestimmung der Formgenauigkeit von Schneckenoberilachen mit Koordinatenmessmaschine Oberflachenkolloquium mit internationaler Beteiligung Karl-Marx-Stadt, 1988. (In Germany), pp.: 58-62

[5] **S. KAWABE**: Generation of NC Commands for Sculptured Surface Machining from 3-Coordinate Measuring Data, Fumihiko Kimura and Toshio Sata (1), Faculty of Engineering, University of Tokyo, Annals of CIRP Vol. 29/1/1980, pp. 369-371.

Dr. Bányai Károly, egyetemi adjunktus

Bajáky Zsolt, egyetemi tanársegéd

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, 3515 Miskolc- Egyetemváros,

Tel: +36 46 36511 I / 15 84, Fax: +36 46 364 941 , E-mail : ggytbzs@gold.uni-miskolc.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

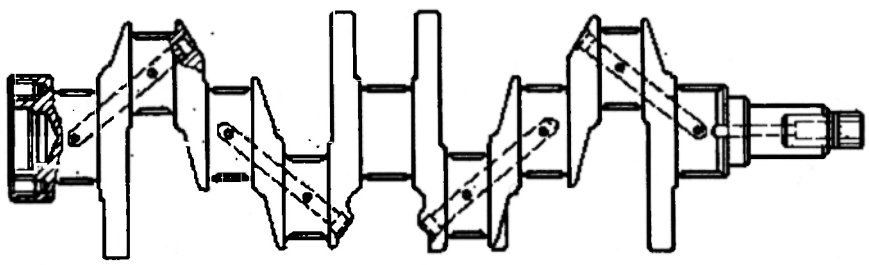
Kolozsvár, 1997, március 21-23

NEGYÜTEMÜ ROBBANOMOTOR LENDITŐKEREKÉNEK MÉRETEZÉSE ÉS FORGATTYUS TENGELYÉNEK ELLENŐRZÉSE KIFÁRADÁSRA

Bihari Zoltán

Korunk egyik gyorsan fejlődő ipari ágazata az autóipar. Abban a gépjárműben, amely útjainkon mindennapos látvány, ötvöződik számos műszaki tudomány eredménye. Rengeteg kutatásra, számításra és kísérletre volt szükség ahhoz, hogy ezek a robbanómotorok elérjék a jelenlegi formájukat és működési paramétereiket.

Az egyik mechanikailag leginkább igénybe vett része a motornak a forgattyús-tengely. Időben periodikusan változó, igen nagy fárasztó és ütésszerű igénybevételnek kitett alkatrészről lévén szó érdemes foglalkozni vele. Geometriai kialakítása olyan, hogy a feszültséggyűjtő helyek elkerülése szinte lehetetlen, tehát a méretezési, ellenőrzési számítások igen komplikálttá válnak.



1. ábra. Forgattyústengely

A forgattyús-tengely kialakítása függ

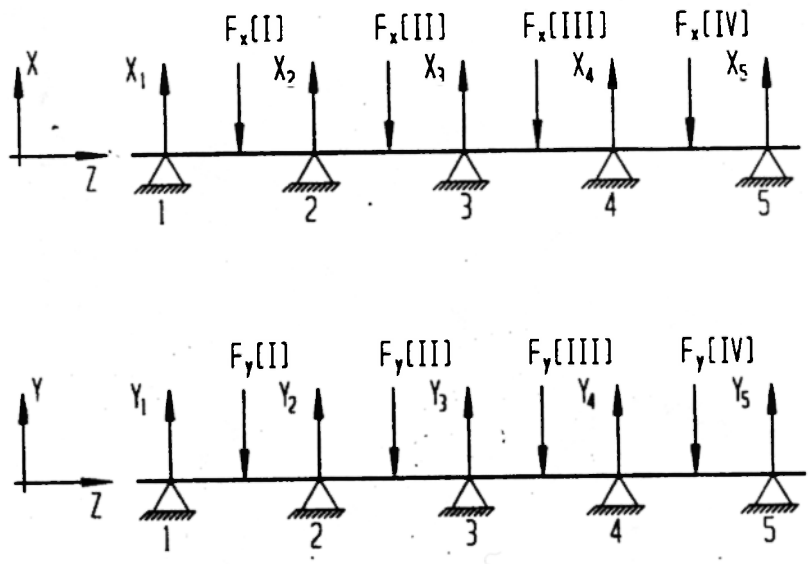
- a hengerszámtól,
- a forgattyúkarok elhelyezésétől,
- csapágyszámtól,
- a csapágyak fajtájától
- az ellensúlyok alkalmazásától,
- a gyártási eljárástól, valamint még egész sor paramétertől.

Jelen világunkban ennek a tengelynek a kifáradásra történő ellenőrzése kézi számításokkal gazdaságtalan és nagyon hosszadalmas lenne. Nem is beszélve az esetleges számítási hibákról. Segítségül hívva a számítástechnika eredményeit, egy arra alkalmas szoftver segítségével ez a probléma (természetesen a megfelelő bemenő adatok birtokában) pár perces rutin feladattá válhat a mérnökök számára. Az ehhez szükséges szoftver pedig az konferenciai előadásom tárgya az általam készített LEND-FORG nevű rendszer.

A szakirodalmakban található ellenőrzési eljárásoktól eltérően, ahol is a forgattyús-tengelyt gondolatban felosztották csapágyanként és mindig csak két főcsapágy közti állapotokat vizsgálták, ez a rendszer a teljes tengelyt egészében vizsgálja, úgy, hogy mint egy többtámaszú tartót modellezi, megállapítva a rá ható terheléseket, kiszámítva a csapágyakban ébredő erőket. A vizsgálat két síkban történik:

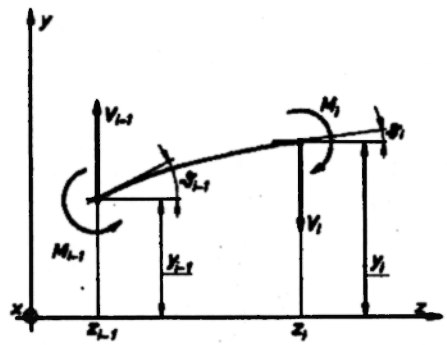
X-Z

Y-Z síkban



2. ábra.A forgattyustengely vizsgálata két síkban történik

A többtámaszu tartók támaszain ébredő erők meghatározása az átviteli mátrixok módszerével végezhető el. Ennek lényege, hogy ha egy rudszakasz bnal oldali végén ismerem az állapotvektort, amely az y irányú elmozdulás, u szögelfordulás, V nyíróerő; M nyomatékkal definiált, akkor jobb oldali rúdvégen kiszámítható az állapotvektor. A két állapotvektor között az átviteli mátrix teremt kapcsolatot.



3. ábra

Egy rúdszakasz végpontjain az állapotvektor komponensei láthatók

$$\bar{\eta}_i = B_i \cdot \bar{\eta}_{i-1}$$

$$\bar{\eta}_i = \begin{vmatrix} y \\ \partial \\ M \\ V \\ 1 \end{vmatrix}_i \qquad \bar{\eta}_{i-1} = \begin{vmatrix} y \\ \partial \\ M \\ V \\ 1 \end{vmatrix}_{i-1}$$

$$B_i = \begin{vmatrix} 1 & l_i & \frac{l_i^2}{2IE} & \frac{l_i^3}{6IE} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{l_i^2}{IE} & \frac{l_i^2}{2IE} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

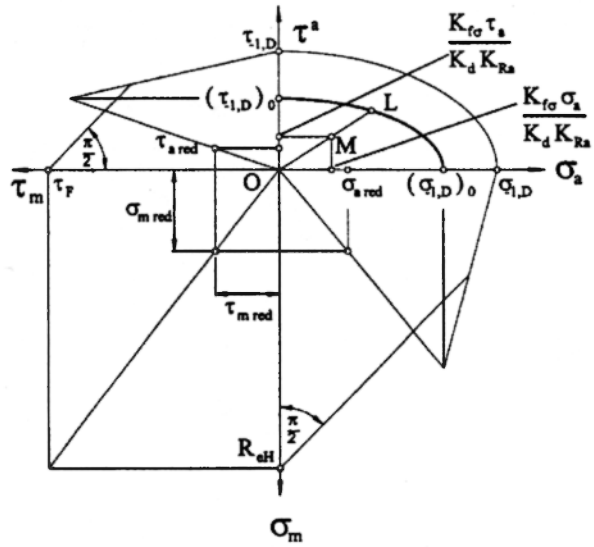
4. ábra. Az átviteli mátrix formája, számításának módja

Az átviteli mátrix formája attól függ, hogy a rúdszakaszjobb oldali végén

– támasz hely
– terhelés van-e vagy
– terheletlen -e.

Ezt a módszert a teljes rúdra alkalmazva egy lineáris egyenletrendszerhez jutunk, amelyet Gauss eliminációval oldhatunk meg. Kiszámítva az egyes csapágyakon ébredő támasztóerőket, meghatározhatók a hajlítónyomatéki és csavarónyomatéki ábrák egy adott φ szögállásnál. Ezt elvégezve φ = 0..720 (teljes periódusra), minden keresztmetszetben meghatározhatók az ébredő maximális és minimális σ és τ feszültségek.

Ezek ismeretében, valamint Rohonyi Vilmos egyetemi tanár által kidolgozott szerkesztő eljárás alkalmazásával a kifáradási biztonsági tényezők kiszámíthatók.



5. ábra

Rohonyi Vilmos által kidolgozott szerkesztő eljárás a kifáradási biztonsági tényező meghatározására

Ez a szoftver felhasználható, más hasonló forgattyús mechanizmus elemzésére is, (pl: dugattyús kompresszor, kétiitemű robbanó motor), ha az indikátor diagram függvényeit analitikus úton előállítjuk. A feszültségképről pontosabb képet kaphatnánk, ha a szoftverrel számított terheléseket, egy végeselem program bemenő adataiként szerepeltetnénk (pl: COSMOS).

Bihari Zoltán doktorjelölt,
Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszék Tel: 00 / 36 / 46 / 365-111 / 1278

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Technológiai modellezés és analízis CNC esztergálási munkautak pontosítására

Prof. Dr. Dudás Illés, Horváth Mihály, Dr. Szabó Sándor

Összefoglalás

A cikk áttekintést ad a MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MISKOLCI EGYETEM Gépgyártástechnológiai Tanszékén működő kutatócsoportjának egyik tevékenységi köréről, a kutatási célokról és az aktuális eredményekről. Vázolja a technológiai modellezés és analízis alkalmazott szemléletmódját és szerepét, a forgácsoló technológiák CNC munkaciklusaiban. Bemutatja egyfajta „technológiai analízisprocesszor" szolgáltatásait.

1. Bevezetés

A gépgyártástechnológia – ezen belül a forgácsolás-technológia – fejlődésének egyik fontos irányzata a számítógéppel segített CNC alkatrészprogramozás megvalósítása [1, 2]. Az erre a célra kidolgozott szoftverek ma már nélkülözhetetlen funkciója a szimuláció, amely – a posztprocesszálás előtt – elemzi a CNC munkautak során kialakuló jellemzőket és a szoftver szolgáltatásától függően korrekciót, hibajelzést hajt végre.

A szimuláció legközvetlenebb funkciója az ütközésvizsgálat, de ezen túlmenően – a szoftverbe építhető intelligencia növelésének koncepciójából következően – még számos funkcióra kiterjeszthető [3]. Ezen fejlesztési irányzat –úgy gondoljuk – távlatokban a szerszámgépek AC (Adaptive Control) kialakításának szolgáltatásait is kiválthatja (költségkímélően), hiszen:

- előtoláskorrekció (terheléskiegyenlítésből),
- koordinátakorrekció (mérethiba-analízisből),
- stb.

származtatható egy „komplex-szimulátorral". Egy ilyen szoftver csomag (vagy szoftver modul) – javaslatunk szerint – már processzornak is tekinthető, amely a technológia modellezésén és analízisén keresztül a CNC munkautak pontosítását végezné el.

Ezen koncepciónak megfelelő kutató-fejlesztő munka végzésére „A gépipari technológiák komplex analízise, különös tekintettel a bonyolult geometriai alakzatok gyártásgeometriájának valamint a gépgyártástechnológia

számítógéppel segített módszereinek területére" című projekt – egyik ága – ad lehetőséget, amelyet a MISKOLCI EGYETEM Gépgyártástechnológiai Tanszéke a MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

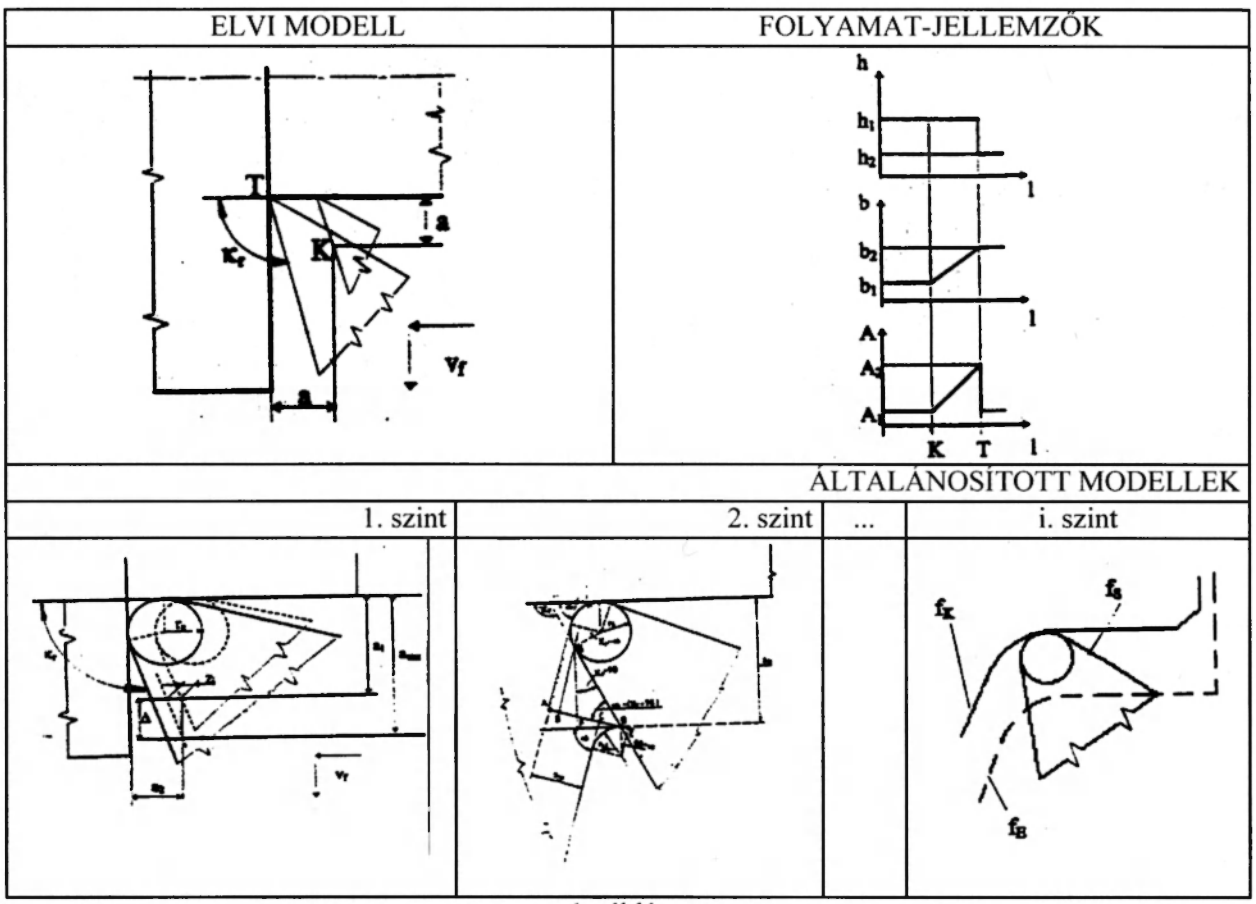
(MTA) kutatóhelyi támogatásának keretei között indíthatott, 1996-tól.

2. PROBLEMATIKA ÉS MODELLEK (SZINTEK) KONTÚRESZTERGÁLÁSNÁL

Mint ismeretes a kontúresztergálás közbeni szerszámtönkremenetel egyik oka a helyi terhelésnövekedés, leggyakrabban a vállátmenetnél kialakulóan. Ennek elvi modell segítségével történő elemzéséből az alábbi főbb eredményeket (folyamat jellemzőket) célszerű kiemelni [4] (1. táblázat):

- a forgácskeresztmetszet jelentős mértékben megnő (A2), ami forgácsolóerő növekedését eredményezi,
- a közepes forgácsvastagság jelentős mértékben lecsökken (h2), ami fajlagos terhelésnövekedést eredményez „Kienzle" szerint.

E két hatás eredményeként akár tízszeres (tehát nagyságrendi) helyi terhelésnövekedés is kialakulhat.



1. táblázat

Az elvi modell természetesen pontosítható a valós feltételek fokozatos számbavétele alapján (1. táblázat). A fokozatosság – egyfajta módszertan követése – elvi jelentőségű és alkalmas az önkontrollra, a bonyolultabb modellek önellenőrzésére (tesztelésére).

A táblázatban az alábbi fokozatokat (szinteket) különböztettük meg (a lehetséges INPUT adatok szerint):

– 1. szint: szerszámsugár nagyobb, mint nulla ($r_\varepsilon>0$) és eltérő a fogásmélység a palást- és homlokesztergálás viszonylatában ($a1>a2$);
– 2. szint: az első szint kiegészítve előmunkálás lekerekítési sugara nagyobb, mint nulla (r_ε elő>0) és a 900-tól kisebb szögű vállátmenet esetével;
– i. szint: függvényként definiálható egy előgyártmány-szakasz (f_E) és egy esztergálási pályakontúr (f_K).

Az általunk fejlesztés alatt lévő feldolgozó szoftver a fentiek szerint megkülönböztetett INPUT adatokból-és további alap paraméterekből - szolgáltatja a (lásd részletesebben 3. pont):

– folyamatjellemzőket (diagramm),
– CNC mondatok javasolt felbontását terheléskiegyenlítésre, előtoláskorrekció-val.

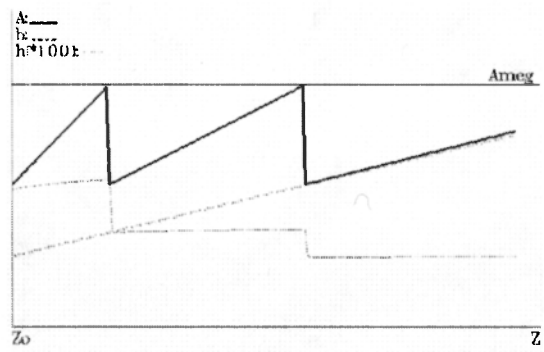
Az ilyen tipusú OUTPUT-ok már biztosítják, hogy a folyamatjellemzők helyi megnövekedése miatt – nagy valószínűséggel – szerszámtönkremenetel nem következik be.

A 2. szint szerint általánosított modell tovább szakaszolható, a legfontosabb jellemző – az irányváltás – bekövetkezésétől függően. Ezeket terjedelmi korlátok miatt nem tudjuk ismertetni.

A következőkben az 1. táblázat 1. szintjének számítógépes feldolgozása kerül ismertetésre.

3. A SZÁMÍTÓGÉPES FELDOLGOZÁS EREDMÉNYEI

A számítógépes feldolgozás során a „z" változó függvényében vizsgáltuk a forgácsszélesség(b), a közepes forgácsvastagság(h) és a forgácskeresztmetszet(A) változását. A forgácskeresztmetszet megengedett értéken belül tartását az előtolás korrigálásával kezeli a program (1. ábra).



1. ábra

A futtatáshoz felhasznált adatok:

a_1=2mm a_2=1mm
r_ε=0.8mm f=0.1mm
$\kappa_r=95^0$ $A_{meg}=2A_0$

A kapott eredmények:

x_{max}=0.9mm $A_{max}=1.23mm^2$

A korrigálás szempontjából érintett NC mondatok a következők:

Korrekció nélkül:
N05 ...
N10 G1 Zz_0 F.1
N20 ...

Korrekcióval:
N05 ...
N10 G1 $Zz_0+a_2-0.175$ F.1
N12 G1 $Zz_0+a_2-0.525$ F.05
N14 G1 Zz_0 F.02
N20 ...

4. Következtetések

A cikk tartalma alapján megállapítható, hogy a CNC esztergálási munkautak pontosítása technológiai (geometriai) modell segítségével eredményes módszer lehet a szerszám-tönkremenetelek megelőzésére, különösen vállátmenetek megmunkálásánál. A bemutatott módszer és modell-rendszer geometriai feldolgozásával, a CNC mondatpontosító szoftver – CNC input mondatsor szerinti – kidolgozásával foglalkozó kutató-fejlesztő munka helyes projektnek illetve célkitűzésnek minősíthető.

IRODALOM

1. Manfred Hekeler: „Műhelyorientált programozás (WOP)", Europa-Seminar, 1990/91, 23p.+melléklet.
2. Dudás I., Berta M., Cser I.: „A számítógépes gyártástervezés fejlesztésének, alkalmazásának helyzete és problémái", Gépgyártástechnológia, Bp.,1993/5-6, pp.:205-209.
3. MTS-Entwicklung Gmbh: „CNC-szimulátor", Rendszerleírás (4.0. verzió – Magyarnyelvű kiadvány), 44.p.
4. Dudás I., Horváth M., Szabó S.: „Kontúresztergálás vizsgálata geometriai modellel", IX. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolc, 1996., pp.:301-307.

Prof. Dr. Dudás Illés, tanszékvezető egyetemi tanár, a kutatócsoport vezetője

Dr. Szabó Sándor, egyetemi adjunktus

Horváth Mihály, tudományos munkatárs

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, H-3515 Miskolc-Egytemváros

Telefon: 36-46-365-111/15-17, Fax: 36-46-364-941

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

MÉRETELLENŐRZÉSI MÓDSZER ÉS ALGORITMUS BEMUTATÁSA

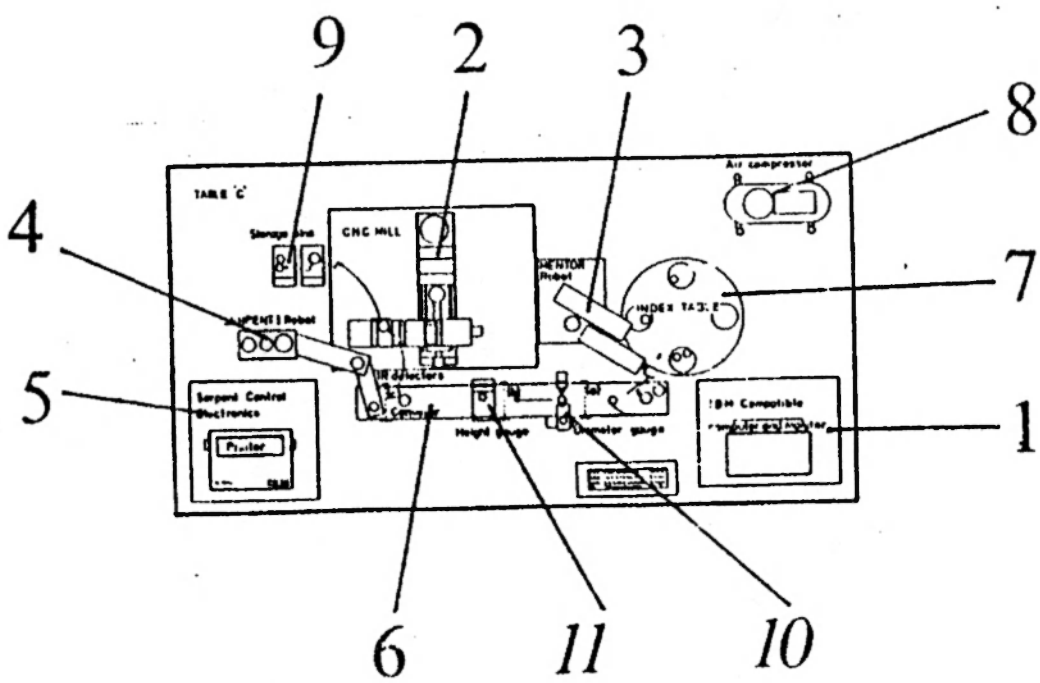
Gál Tibor

1. Bevezetés

A világ gépgyártásában megfigyelhetõ egy olyan tendencia, amely az ember kivonását célozza meg a gyártási folyamatból. Ennek több oka van, az egyik a gyártandó darabszám növekedése. Ha egy darabból több ezret, netán több milliót kell gyártani, aki teheti automatizálja a gyártást. (Igaz, hogy ez többlet beruházást jelent, viszont bérköltség csökkenést vonz maga után.) Az automatizálásnak számos elõnye van. Ilyenek : a nagy termelékenység, a gyártott darabok méretszórásának csökkenése, stb. Az automatizálás során a gyártás klasszikus elemeit felcserélik modernebb, termelékenyebb berendezésekre. Így például az egyetemes esztergát felváltja a CNC megmunkáló központ, a munkadarabokat nem ember helyezi a tokmányba, hanem az ipari robot. Létrehoztak gyártócellákat azért, hogy egy munkadarabot egy szerszámgépen, esetleg egy felfogásban teljesen meg tudjanak munkálni a lehetõ legrövidebb idõ alatt. A gyártócella elemeit úgy kell összehangolni, hogy mindegyik megfelelõen tudja ellátni az elõírt feladatát. A cellát úgy tervezik meg, hogy a mellékidõk minél rövidebbek legyenek. A mellékidõt a gyártócellát irányító programon keresztül is lehet csökkenteni. Ezért fontos figyelmet fordítani arra, hogy a munkadarab a gyártási folyamatban hol és mennyi idõt tölt. Az elõzetes felmérés után következhet az adott gyártócellára vonatkozó program megírása. Ha megvan a rendszerprogram, akkor érdemes egy gyártócella modellen lefuttatni - ha erre lehetõség van -. s ellenõrizni a mûködését, mielõtt az igazi gyártás elkezdõdne. Egy ilyen modell mindazon elemeket tartalmazza, amelyekkel a valós gyártási folyamatnál is találkozhatunk.

2. A gyártócella modell ismertetése

Egy ilyen modell található a Budapesti Mûszaki Egyetem Finommechanikai-Optikai Tanszék Mechatronikai laboratóriumában. A gyártócella modell elemeit, felépítését figyelhetjük meg a következõ ábrán:



Az elemek a következők :

1. Irányító számítógép
2. CNC marógép
3. MENTOR robot
4. SERPENT robot
5. SERPENT robot vezérlő egység
6. Szállítószalag
7. Osztóasztal
8. Légkompresszor
9. Tároló
10. Vízszintes mérőegység
11. Függőleges mérőegység

3. A méretellenőrzési módszer leírása

Erre a gyártócella modellre írtam egy rendszerprogramot, amely magába foglalja a méretellenõrzési algoritmust. A cella hengeres munkadarabok megmunkálását végzi. A MENTOR robot az osztóasztalon található munkadarab fölé megy. Itt a robot megfogója egy elõzetes átmérõ mérést végez, a megfogó összezáródásának mértékét tudjuk mérni és ebbõl következtethetünk a méretre. Ha a henger átmérõje jóval kisebb vagy nagyobb (kb. ±15%), mint az elõírt méret, akkor fel sem veszi az asztalról. Ezzel az elõzetes méréssel gyorsítani tudjuk a gyártási folyamatot. Ha az adott munkadarab mérete az elõírt mérettartományon belül van, akkor a robot ráhelyezi a szállítószalagra. A szállítószalagra vannak felszerelve a mérõcellák, valamint a darab helyzetét érzékelõ optikai szenzorok. A munkadarab eloször az átmérõt mérõ egységbe kerül, ahol egy lineáris potenciométer segítségével történik a pontos méretmeghatározás. Ha a méret megfelelõ, a darab folytatja útját a függõleges-mérõegységbe, ahol a

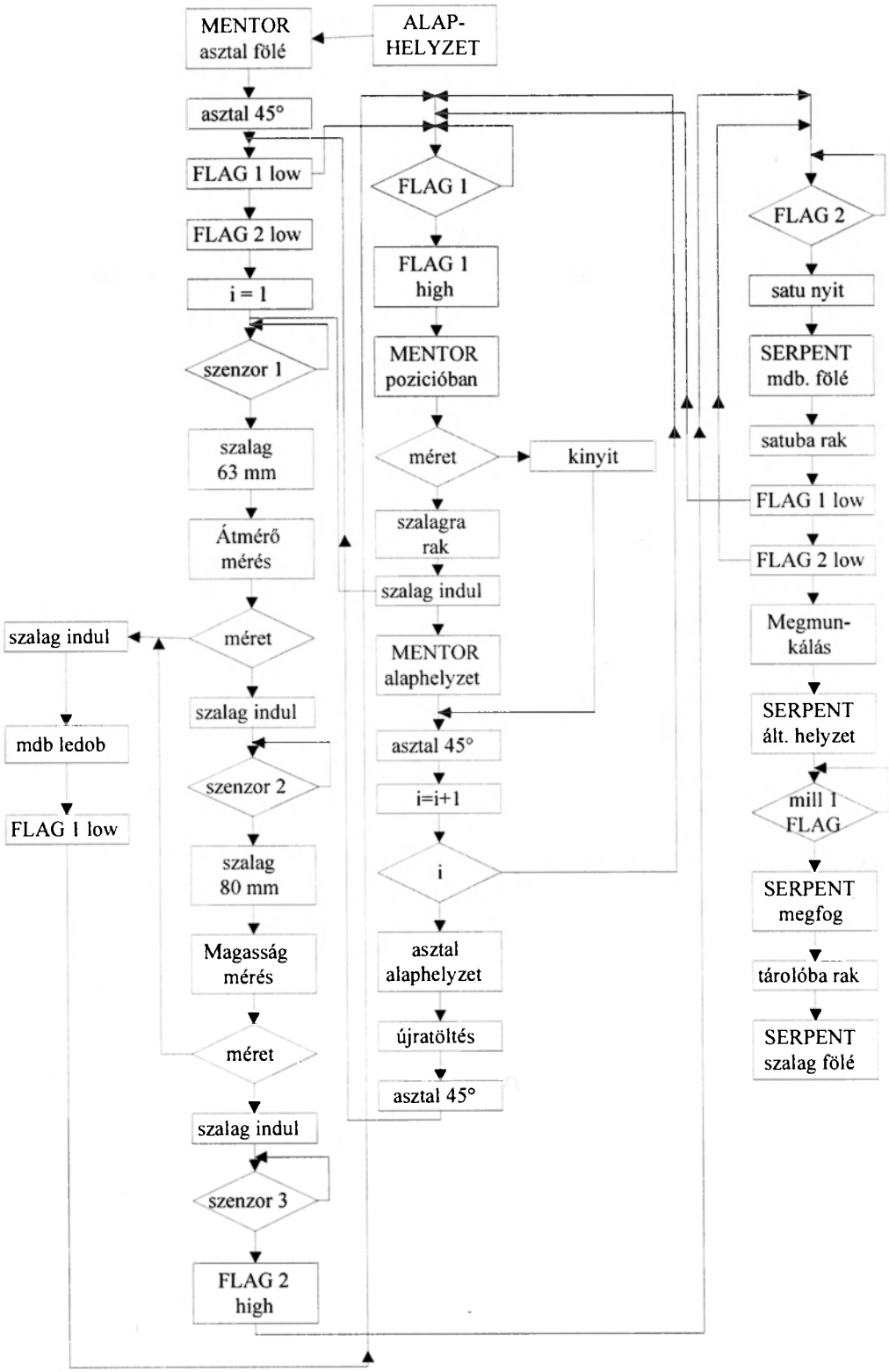
magasságmérés zajlik. (A magasság mérése szintén lineáris potenciométerrel történik.) Amennyiben az átmérõ nem megfelelõ, a magasságmérési mûveletre már nem is kerül sor, a munkadarabot a szállítószalag a selejttárolóba juttatja. A mérések után a darab megmunkálása következik, ha a méretek az elõírásnak megfeleltek. A szállítószalagról a SERPENT robot áthelyezi a munkadarabot a CNC marógépbe. Amint a szalagról lekerült a darab, a MENTOR robot felrak egy másik munkadarabot. Amíg egy darabot a CNC marógép megmunkál, addig a másikat a mérõcellák megmérik. Így a gyártási ciklushoz szükséges idõt tovább tudjuk csökkenteni. A marási mûvelet után a már megmunkált darabot a SERPENT robot egy tárolóba viszi, ahonnan további megmunkálásra lehet felhasználni.

Amennyiben az osztóasztalról a megfelelõ méretû munkadarabok elfogytak, a program lehetõséget nyújt az asztal új készlettel történõ feltöltésére. Ezután a vezérlés a folyamatot újra indítja, tehát emberi felügyeletet mindez nem igényel.

A fenti idõminimumra optimalizált gyártási ciklust elõállító algoritmust WALLI-programnyelven írtam meg (az irányító számítógép egy IBM 286-os PC). Az algoritmus blokkdiagrammját a következõ oldalon található ábra szemlélteti :

4. Kiértékelés

A modellre írt méretellenõrzési algoritmus alkalmas lehet egy valós gyártási folyamat vezérlésére. Mindazon feladatokat ellátja, amelyek egy ilyen programnál követelmények lehetnek. Az alapkövetelmény az, hogy a rendszer magára hagyva is biztonságosan mûködjön. Ezt ez a program biztosítja. További követelmények a gyártási ciklussal szemben ; a minõség elõírt szinten való tartása (vagyis a munkadarabok méretszórásának csökkentése) , valamint a gyártási idõk minimalizálása. A méretszórást a megengedett méretintervallum csökkentésével lehet szigorítani, amivel a megkövetelt minõséget be tudjuk tartani. A gyártási idõt is sikerült csökkenteni úgy, hogy több munkadarab van egyszerre a gyártócellában, vagyis párhuzamosan történik a megmunkálási és a mérési folyamat.



Gál Tibor / diplomázó egyetemi hallgató, demonstrátor
BME Gépészmérnöki Kar, V.évf. 504 tk. / BME-FOT Budapest, 1111 Egri Jüzsef u. 1. E.ép. 3. em. 1. sz, Tel: (..36-1) 463-37-87

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

MATEMATIKAI MODELL A HIPOID HAJTÓPÁROK HORDKÉPÉNEK LOKALIZÁLÁSÁRA

Dr. Gyenge Csaba, Kismihály János

Összefoglalás

A hipoid- és a kúpfogaskerék hajtópárok terhelhetősége és élettartama. nagy-mértékben függ a hordkép helyzetétől a fogfelületen. A gyártás után végzett hordképellenőrzésből következtetni lehet a szükséges gépbeállítási korrekciókra. a hordkép helyzetének javítása céljából. Ezt addig kell végezni. míg a hordkép megfelelő helyzetű lesz. Belátható. hogy az egymást követő megmunkálás- ellenőrzés- módosítás igen idő- és pénzigényes feladat. Napjainkban már lehetőség van a hordkép lokaliz.álására már a tervezés szakaszában. Megfelelő matematikai modell segítségével és számítógép alkalmazásával elméletileg pontbeli érintkezésű fogfelületeket tudunk előállítani.

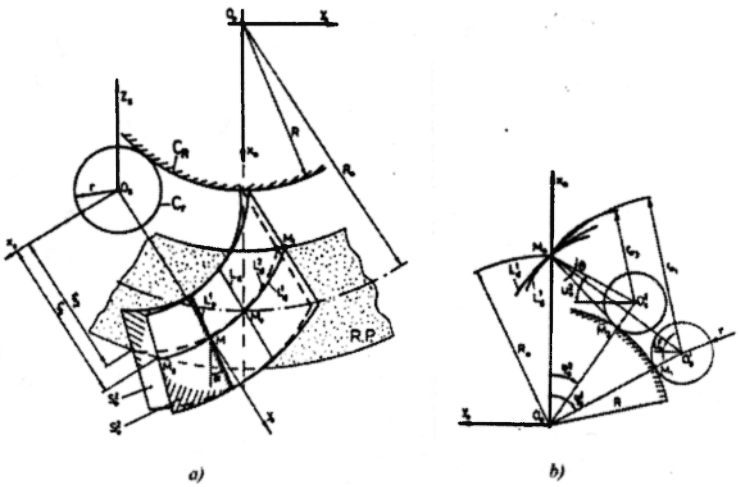
A dolgozat bemutatja a lokalizált hordképű hipoid fogaskerekek fogfelületeinek meghatározására kidolgozott matematikai módszert mely lehetővé teszi a számítógépes modellezést. Az egyenleteket az eloid fogazatra vezettük le, a körív fogazat ebből. mint sajátos eset könmen számítható.

A származtató felületek

Lokalizált hordképű S_1 és S_2 fogfelületek származtatására az $S^1{}_0$, és $S^2{}_0$, nem egybeeső származlató felületeket alkalmazzuk, melyek az L_K egyenes mentén érintkeznek (1 .a. ábra). Az $L^1{}_0$, származtató egyenes általános pontjának az egyenlete a marófejhez kötött Σ_S rendszerben egy $r_s = r_S(p_1)$ alakú egyváltozós egyenlet. ahol p_1 a helyzetparaméter az egyenes mentén.

A marófejhez kötött Σ_S és a síkkerékhez kötött Σ_0 koordonátarendszerek közötti M_{0S} transzformációs matrit segítségével. a Σ_0 rendszerben meghatározható az $S^1{}_0$ származtatófelület. Egy felület teljesen meghatározott, ha ismerjük minden egyes pontjának a helyzetvektorát és normálisát a p_1, u_1 helvzetparaméterek függvénvében. $L^1{}_0$, az u_1 segítségével írja le az $S^1{}_0$,-et.

$$\bar{r}_0^1 = M_{0S}\bar{r}_S = r_0^1(p_1, u_1), \quad \bar{n}_0^1 = \frac{\partial \bar{r}_0^1}{\partial p_1} \times \frac{\partial \bar{r}_0^1}{\partial u_1} = \bar{n}_0^1(p_1, u_1) \qquad (1)$$



1.ábra. A lokalizárlt hordkép hiztositása:
a) származtatófelületek. b) sikkerekek fogiránygörbéinek görbületei.

Behelyettesítve az (1) egyenletbe a p_1 és u_1 változókat, hasonlóképpen leírható az $S^2{}_0$ származtatófelület:

$$\bar{r}_0^2 = \bar{r}_0^2(p_2, u_2) \quad , \quad \bar{n}_0^2 = \bar{n}_0^2(p_2, u_2) \qquad (2)$$

Az (1) és (2) egyenletek által meghatározott származtatófelületek alkotják a két komplementáris síkkerék fogfelületeit, melyek lefejtik a hajtópár S_1 és S_2 fogfelületeit.

A lokalizált hordkép bíztosítása

A lokalizált hordkép biztosításának érdekében a 2 síkkerék $L^2{}_d$ fogiránygörbéjének görbülete nagyobb kell legyen. mint az 1 síkkerék $L^1{}_d$ fogiránygörbéjének görbülete, $r_{W1} > r_{W2}$ (1.b. ábra). Az r_{W2} görbületi sugár kiszámítása céljából meghatározzuk a $C^2{}_r$ gördülőkör középpontjának a helyezetét. Az $L^1{}_d$ és $L^1{}_d$ görbék M érintkezési pontjában a normálisok egybeesnek. tehát az M_0. M_1, M_2 pontok kollineárisak. Az M_{0S} transzformációs matrixban szereplő $u^2{}_0$ és $\varphi^2{}_0$ paraméterek értékei:

$$u_0^2 = \arcsin\frac{R_0^2 + r_{W2}^2 - (R - r)^2}{2 r_{W2} R_0} \quad , \quad \varphi_0^2 = \arcsin\frac{r_{W2}\cos u_0^2}{(R + r)} \qquad (3)$$

A (3) egyenlet bíztosítja az $S^1{}_0$ és $S^2{}_0$ származtatófelületek vonalmenti érintkezését.

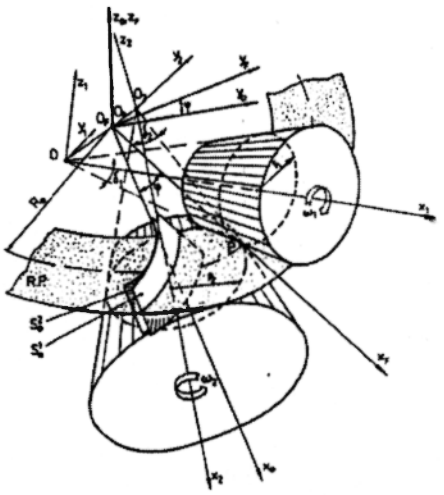
Hipoidkerekek származtatása

A legáltalánosabb esetet vizsgáltuk, amikor az **a** tengelytávú hipoidhajtópár mindkét fogaskerekét hipoid módszerrel munkáljuk meg (2. ábra), a gyártási tengelyeltolás $\mathbf{a_1}$ valamint $\mathbf{a_2}$ lesz. Az álló Σ_F koordonátarendszer segítségével meghatároztuk a fogaskerekekhez kötött Σ_1, Σ_2 és a síkkerékhez kötött Σ_0 koordonátarendszerek közötti transzformációs matrixokat.

$$M_{10} = M_{1F}M_{F0} \quad , M_{20}=M_{2F}M_{F0} \quad , M_{01}=M_{0F}M_{F1} \quad , M_{02}=M_{0F}M_{F2} \qquad (4)$$

A (4) egyenlet leírja a származtató síkkerék és a fogazandó fogaskerekek közötti mozgásviszonyokat. A hajtópár elemei közötti mozgásviszonyt az M_{12} és az M_{21} matrix határozza meg:

$$M_{12}=M_{10}M_{02} \quad , M_{21}=M_{20}M_{01} \qquad (5)$$



2. ábra. Hipoid, fogaskerekek származtatása
Lokalizált hordképű fogfelületek

Az $S^1{}_0$, $S^2{}_0$ származtató és az S_1, S_2 fogfelületek páronként egymást kölcsönösen burkolják. Ismerve az $S^1{}_0$, és $S^2{}_0$ felületek egyenleteit, a transzformációs matritok segítségével meghatározhatók az S_1 és S_2 lokalizált hordképű fogfelületek.

$$\bar{\mathbf{r}}_1 = \mathbf{M}_{10}\bar{\mathbf{r}}_0^1 = \bar{\mathbf{r}}_1(\mathbf{p}_1,\mathbf{u}_1,\varphi_1) \quad , \quad \bar{\mathbf{n}}_1 = \mathbf{M}_{10}\bar{\mathbf{n}}_0^1 = \bar{\mathbf{n}}_1(\mathbf{p}_1,\mathbf{u}_1,\varphi_1) \qquad (6)$$

$$\bar{\mathbf{r}}_2 = \mathbf{M}_{20}\bar{\mathbf{r}}_0^2 = \bar{\mathbf{r}}_2(\mathbf{p}_2,\mathbf{u}_2,\varphi_2) \quad , \quad \bar{\mathbf{n}}_2 = \mathbf{M}_{20}\bar{\mathbf{n}}_0^2 = \bar{\mathbf{n}}_2(\mathbf{p}_2,\mathbf{u}_2,\varphi_2) \qquad (7)$$

A p_1, u_1, φ_1 és és p_2, u_2, φ_2 paraméterek közötti összefüggések a kapcsolódás alaptörvényéből vezethetők le.

$$\mathbf{n}_1\mathbf{v}_1^{(10)} = 0 \quad , \quad \mathbf{n}_2\mathbf{v}_2^{(20)} = 0 \qquad (8)$$

ahol a $\bar{\mathbf{v}}_1^{(10)}, \bar{\mathbf{v}}_2^{(20)}$ relatív sebességek.

Kidolgozva a (8) egyenleteket. két háromváltozós függvényt kapunk, melveket rendszerint numerikus módszerekkel oldunk meg:

$$f_1(p_1, u_1, \varphi_1)=0 \quad , \quad f_2(p_2, u_2, \varphi_2)=0 \tag{9}$$

A φ_1 és φ_2 mozgásparaméterek közötti összefüggések meghatározására figyelembe kell venni a származtató síkkerék és a fogazandó kerekek i_{10} és i_{20} áttételi viszonyait. Végezetül, az eddig levezetett egyenletek alapján. az $S^1{}_0$ $S^2{}_0$ és az S_1, S_2 felületek közötti karakterisztikus görbe a következő egyenletrendszerek megoldásából adódik:

$$\left|\begin{array}{c} \mathbf{f}_1(\mathbf{p}_1, \mathbf{u}_1, \varphi_1) = 0 \\ \bar{\mathbf{r}}_1 = \bar{\mathbf{r}}_1(\mathbf{p}_1, \mathbf{u}_1) \\ \varphi_1 = \mathbf{konst} \end{array}\right. \quad \left|\begin{array}{c} \mathbf{f}_2(\mathbf{p}_2, \mathbf{u}_2, \varphi_2) = 0 \\ \bar{\mathbf{r}}_2 = \bar{\mathbf{r}}_2(\mathbf{p}_2, \mathbf{u}_2) \\ \varphi_2 = \mathbf{konst} \end{array}\right. \tag{10}$$

Következtetések

1. A bemutatott matematikai modell bíztosítja a kapcsolódó fogfelületek lokalizált pontbeli érintkezését az eloid fogazatú hipoid fogaskerekek esetén.

2. Megfelelő módosításokkal az algoritmus érvényes bármilyen típusú hipoid- vagy kúpfogaskerékre.

3. Az algoritmusok lehetőséget nyújtanak a fogfelületek számítógépes modellezésére.

Irodalom

[1] GYENGE. CS.: Contribuții asupra imbunătătirii preciziei frezelor-melc pentru executarea, angrenajului melcat duplex. Teză de doctorat, IPCN,1979.

[2] KISMIHÁLY. J.. GYENGE. CS.: Hipoidhajtópárok geometriai tervezésének számítógépes optimálása. microCAD96. Miskolc,1996.

[3] LITVIN. F. L.: A fogaskerékkapcsolás elmélete. Műszaki Könzvkiadó, Budapest.1972.

Dr. Gyenge Csaba. tenszékvezető, egyetemi tanár

KOLOZSVÁRi MŰSZAKI EGYETEM. Muncii u. 15

Tel: 405051/170

Kismihály János, gépészmérnök.

doktorandusz

ARMĂTURA S.A.. Gării u.19

Tel: 435367/124, Fax:435368

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

TOVÁBBFEJLESZTETT JAMMING ELMÉLET

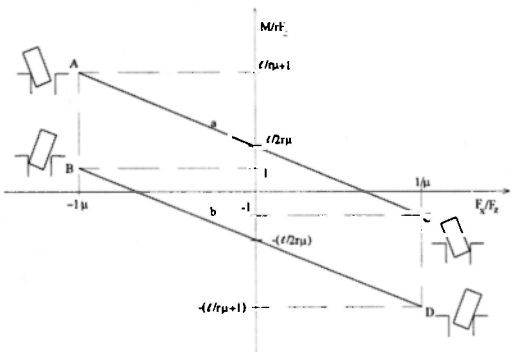
Kiss Attila

Bevezetés

Egy csapnak furatba történő behelyezése a gépalkatrészek automatikus szerelésében az egyik központi probléma. A behelyezés jamminghez (elakadáshoz) vagy wedginghez (beékelődéshez) vezethet, ha szűk illesztésű darabokat alacsony pozicionálási pontossággal bíró robottal szerelünk (Cho, *et al.*, 1987 [1]). A passzív behelyezési folyamatot Simunovic óta diagrammokkal írják le, amelyek szemléltetik a sikeres behelyezés feltételeit (Simunovic, 1979 [2]). Elmélete számos kutatás kiindulópontjának tekinthető. Az elemzés azon a feltevésen alapszik, hogy az egymásba helyezendő hengeres csap és/vagy furat rendelkezik letöréssel, mindkettő merev testként modellezhető, a csap össze van építve egy engedékeny szerkezettel (RCC=Remote Center Compliance) és quasi-statikus megközelítés megengedett (Whitney, 1985 [3]).

Simunovic jamming-elmélete

Simunovic vezette be és Whitney terjesztette ki a 2-dimenziós csap-furat probléma analízisét. Az általuk kidolgozott egyenletek hengeres csapnak hengeres furatba történő behelyezésére vonatkoznak, konstans súrlódási tényezőt tételezve fel a kontaktusoknál. Explicit megoldások érdekében alkalmazták a kis szögekre érvényes közelítő helyettesítéseket (sinq≅q, cosq≅1), a gravitációt és az inerciát elhanyagolták.



1. ábra Simunovic jamming diagramja

A jamminget eredményező feltételeket Simunovic diagramban foglalta össze. Az úgynevezett jamming diagramot mutatja az 1. ábra, amelyre a következő megállapításokat tehetjük:

1. A behelyezési folyamatot leíró egyenletek alkalmazzák a kis szögekre érvényes egyszerűsítéseket: sinθ≅θ; cosθ≅1.

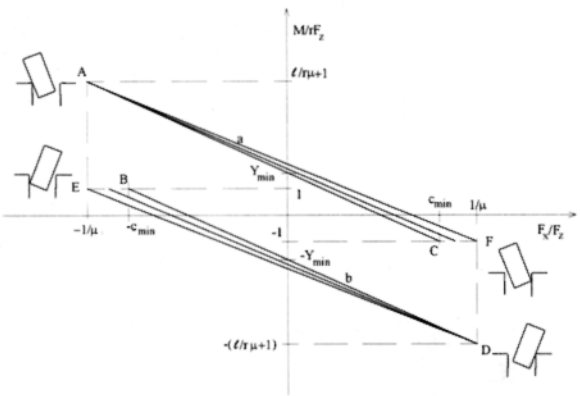
2. A diagram nem tükrözi közvetlenül a kezdeti geometriai hibák (ε_0, θ_0) hatását.

3. Egy adott l behatolási mélységben a csap több pozícióban is lehet (egy-pont érintkezés, két-pont érintkezés) a kezdeti geometria hibák (ε_0, θ_0) függvényében.

Módosított jamming diagram

Egy időskálán futó folyamat aktuális állapota függ a rendszer kezdeti állapotától, azaz egy behelyezési folyamat során a csapra ható pillanatnyi erőrendszernek függenie kell a kezdeti geometriai hibáktól is (ε_0, θ_0). Így a jamming diagramnak tükröznie kell ezen paraméterek hatásait is az erő és nyomaték viszonyokra. Ha nem alkalmazzuk a leíró egyenletek felállításakor a trigonometriai egyszerűsítéseket, akkor egy új diagramhoz jutunk (2.ábra), amelyre a következő megállapításokat tehetjük:

1. Az új diagram nem használ egyszerűsítéseket.
2. Az új jamming-diagram közvetlenül tükrözi a kezdeti geometriai hibák (ε_0, θ_0) és az l behatolási mélység hatásait.



2. ábra A módosított jamming-diagram

Az 1. és 2. megállapítás az (1) egyenleten alapszik. Ezen felül az új diagramban a két-pont érintkezést végtelen számú szakasz reprezentálja. A vonalak meredeksége függ a c-paraméter értékétől ((2) egyenlet). A csap aktuális θ-szöge magában foglalja a kezdeti tengely (ε_0) és szöghibákat (θ_0). A vonalvégek reprezentálják az egy-pont kontaktusokat, ahogyan az 1. ábrán is látható. Mindazonáltal a B és C egy-pont kontaktusokban a θ-szög értéke független az l behatolási mélységtől, így c értéke konstans egy adott (ε_0, θ_0)-ra.

$$\frac{M}{rF_z} = \pm\frac{c(\ell+\mu r)-1}{r(1+\mu c)} - \frac{\ell+2\mu r}{r(1+\mu c)}\cdot\frac{F_x}{F_z} \qquad (1)$$

ahol

$$c = \frac{\cos\theta - \mu\sin\theta}{\sin\theta + \mu\cos\theta} \qquad (2)$$

Ha l növekszik, a diagram összenyomódik hasonlóan Simunovic leírásához. Ekkor azonban az új jamming diagramban a két-pont érintkezéseket reprezentáló vonalak száma csökkenni fog.

Esettanulmány

Annak érdekében, hogy az előzőekben bemutatott elméleti okfejtések gyakorlati hasznát bemutassam, egy esettanulmányt készítettem egy elektromágneses szelep két alkatrészére: furatként a "hüvely", csapként a "záróelem" elnevezésű darabot választottam. Az esettanulmány bemenő paraméterei:

- az RCC rotációs merevsége: K_q= 53000 N/rad.
- az RCC laterális merevsége: K_x= 7 N/mm.
- az RCC-középpont távolság: L_g= 45 mm.
- a súrlódási tényező: μ= 0.1.
- A "hüvely" átmérője D : $D_{max}=12^{-0.04}$ mm (R_{max}= 5.98 mm), $D_{min}=12_{-0.1}$ mm (R_{min}=5.95 mm).
- A "záróelem" átmérője d : $d_{max}=11.8^{-0}$ mm (r_{max}=5.9 mm), $d_{min}=11.8_{-0.03}$ mm (r_{min}=5.885 mm).
- A maximális kezdeti szöghiba, amelynél a záróelem még belefér a hüvelybe q_{0m}=9.88 a maximális játékra. A két-pont érintkezés kezdetén a q-szög értéke 10.23°.
- q_{0m}= 7.03° és q=7.43° a minimális játék esetében.

Mivel a véletlen esetek kivételével sem a q_{0m}=9.88° sem a q_{0m}=7.03° nem fordul elő egy valós szerelés során, az (ε_0, θ_0) tesztsorozatot a következőként definiáltam:

- kezdeti szöghibák θ_0 = 0°, 1°. 2°, 3°, 4°, 5°,
- kezdeti laterális hiba ε_0,= 1 mm.

Az esettanulmány célja, hogy demonstráljam a kezdeti geometriai hibák és a matematikai egyszerűsítések hatását az erő-nyomaték arányokra, amelyek jamminget okozhatnak. Annak érdekében, hogy kiemeljem a különbségeket, a c-paramétert számítottam ki és hasonlítottam össze az 1/μ-vel, mert Simunovicnál a c mindig egyenlő 1/μ-vel. Az esettanulmány figyelembe veszi az R_{max} - r_{min} és R_{min} - r_{max} gyártási tűréseket (lásd 1.táblázat).

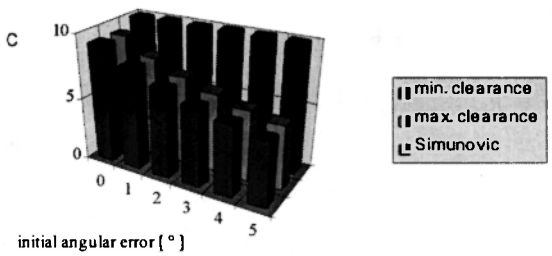
1. táblázat Az esettanulmány eredményeinek összefoglalása

θ_0	r_{min}, R_{max}, e_0		r_{max}, R_{min}, e_0	
	θ	c	θ	c
0°	0.482°	9.298	0.449°	9.266
1°	1.4°	8.015	1.422°	7.991
2°	2.43°	6.991	2.451°	6.973
3°	3.4°	6.236	3.422°	6.221
4°	4.427°	5.593	4.448°	5.581
5°	5.396°	5.094	5.417°	5.084

Az esettanulmány fő eredményeként látható, hogy a c-paraméter értékei határozottan különböznek még a kezdeti szöghiba $\theta_0=1°$ értékére is (c=8.015 a minimális játékra és c=7.991 a maximális játékra) az $1/\mu=10$-től, amely minden $(\varepsilon_0, \theta_0)$-ra érvényes Simunovic tanulmányában (lásd 3.ábra).

Összefoglalás

Ez a dolgozat Simunovic jamming elméletét veszi revízió alá oly módon, hogy a leíró egyenletekben az általánosan használt trigonometriai egyszerűsítéseket (sinq≅q, cosq ≅1) nem alkalmazza. Az így kapott egyenletek segítségével egy új jamming diagram rajzolható, amely a behelyezési folyamat eddig nem tárgyalt elemeit is tartalmazza, valamint tükrözi a kezdeti geometriai hibáknak a sikeres szerelés erő- és nyomaték-feltételeire kifejtett hatását is. Ez a hatás egy újonnan bevezetett "c" tényezőn keresztül tükröződik. A dolgozat tartalmaz egy esettanulmányt egy elektromágneses szelep két alkatrészére kidolgozva, és kimutatja, hogy a Simunovic-elmélet és az új elmélet között jelentős az eltérés egy valós szerelési feladatban is.



3. ábra A "c" paraméter értékei

A dolgozat a CP 940510 "ROBAS" Copernicus project támogatásával jött létre.

Irodalom

[1] Cho, H.S., Warnecke, H.J. and Gweon, D.G. (1987), Robotic Assembly: A Synthetyzing Overview, *Robotica*, Vol. 5, pp. 153-165.

[2] Simunovic, S.N. (1979). *An Information Approach to Part Mating*, Ph.D. thesis. MIT, Cambridge, Massachusetts.

[3] Whitney, D.E., Part Mating in Assembly, in *Handbook of Industrial Robotics* (1985), ed. Nof, S.Y., John Wiley & Sons, New York.

Kiss Attila okl. gépészmérnök, doktorandusz hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék, H-1111 Budapest, Egry J. u. 1., Tel: (+36-1) 463-2123, Fax: (+36-1) 463-3178, e-mail: kiss@next-1b.manuf.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Ipari beruházások döntéselőkészítésének támogatása számítógépes szimulációval

Gödri István

Napjaink kiélesedett versenyében a technikai-gazdasági döntések meghozatalánál a döntéselőkésztő időszak megrövidítése és a döntések megbízhatóságának növelése egymásnak ellentmondani látszó de elengedhetetlen követelmények. A konkurens tervező tevékenység és a gyártó, szerelő, logisztikai rendszerek szimulációja lehetőséget nyújt az ellentmondás feloldására és a követelmények kielégítésére. A dolgozat gázcsapok összeszerelését végző szerelő rendszerek szimulációján mutatja be a szimulációs technika alkalmazhatóságát.

1. Bevezetés - Tervezés, gyártás, szerelés

A tervezés, gyártás és szerelési folyamatok összessége adja meg a szükséges és elégséges feltételeket ahhoz, hogy egy termék elkészülhessen. A tervezők még mindig hajlamosak a gyártás és a szerelés külön kezelésére. A terméktervezés sajnos még mindig túlságosan is a gyártás igényeit tartja szem előtt. A magyarázat egyszerű: a szerelési folyamat a végső fázis egy termék elkészítésében.

A gyártó és szerelő rendszerek tervezésénél a következő három kritériumot kell szem előtt tartani: *stratégiai*, *műszaki* és *gazdasági*. Optimális esetben a stratégiai kritérium az ami leginkább befolyásolja a teljes rendszer megépítését. A műszaki és gazdasági kritériumok a stratégiai kritériumoknak rendelődnek alá (Stevenson, 1990; Thomson, 1993).

Stratégiai kritériumok:

- a rendszer tervezett életciklusa (Alting és Legharth, 1995),
- a termék várható életciklusa, piackutatási eredmények alapján.

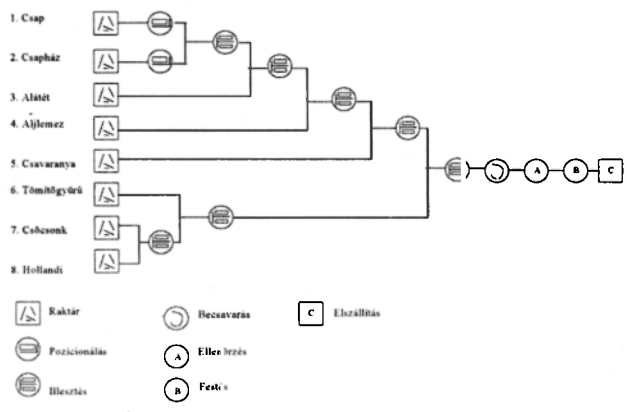
Műszaki kritériumok:

- a rendszer rugalmassága, a piac által elvárt változások szerint,
- a teljes gyártó és szerelési idő minimalizálása,
- a rendszer megbízhatósága.

Gazdasági kritérium:

- a rendszer termelési költségeinek valamint befektetési költségeinek optimalizálása.

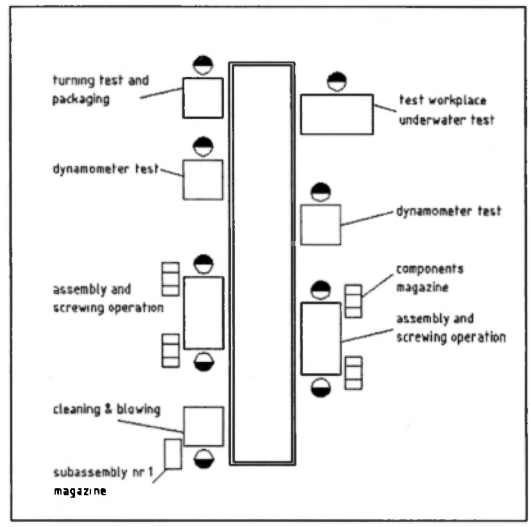
Kutató munkám során a rendszerek termelékenysége, gazdaságossága és rugalmassága, valamint ezen paraméterek egymásrahatása foglalkoztat. Jelen dolgozat a rendszerek termelékenységét kíséri figyelemmel.



1.sz. ábra. Összeszerelési folyamat ábra

2. Szimulációs programokról

Napjainkban a vizuális interaktív szimuláció a vállalati döntéselőkészítő szervek általánosan elfogadott munkaeszköze a vállalati folyamatok elemzésére, a gazdaságosság és a jövedelmezőség fokozására. A szimulációs programok használatával minimalizálható a beruházási kockázat és csökkenthetők a működési költségek. A gyártási és szerelési folyamat modelljének a felépítése a szimulációs grafikus elemek meghatározásával és a köztük levő kapcsolatrendszer megadásával a számítógép képernyőjén történik. A szimulációs rendszerek szerkezete nyitott, bármikor továbbfejleszthető és az igények szerint rugalmasan átalakítható.



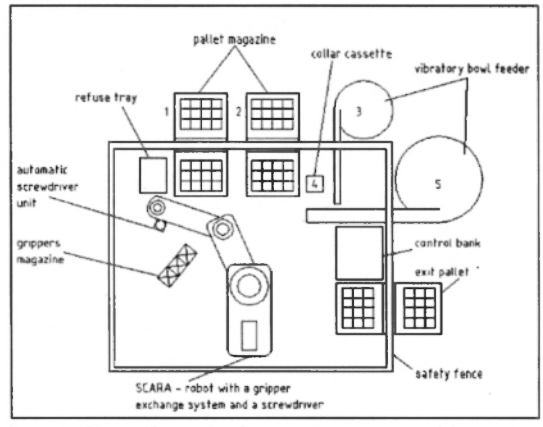
2.sz. ábra. Kézi összeszerelés

3. A gázcsap - Az összeszerelés tárgya

A szimulációk 4 típusú gázcsap szerelésének vizsgálatára vonatkoznak. Mindegyik típus 2-5 különböző méretű variánst foglal magába. Az összeszerelési folyamatábra az 1. számú ábrán látható.

4. A három szerelő rendszer

A *Taylor II* szimulációs rendszerrel három típusú szerelő rendszeren szimuláltam a gázcsapok összeszerelését:



3.sz.ábra. Robotos összeszerelés

4.1. Kézi összeszerelő rendszer

A kézi összeszerelő rendszerben (2.sz. ábra) 7-9 ember dolgozik. Az 1. számú dolgozó az 1-es számú csapokat egy légsugár alatt húzza el portalanítás céljából. Ezután felhelyezi őket a mellette levő szállító szalagra. A 2-es számú csapházakat a 2-es számú dolgozók illesztik össze az 1-es csappal. Ezután a 3-as alátétet, a 4-es számú aljlemezt és végül a csavaranyát csavarják fel. Ezt a művelet sort 4 dolgozó végzi. A következő munkaponton a csavaranya forgató nyomatékát mérik meg egy dinamóméterrel. Ezután a kész csapok áteresztő képességét tesztelik víz alatt.

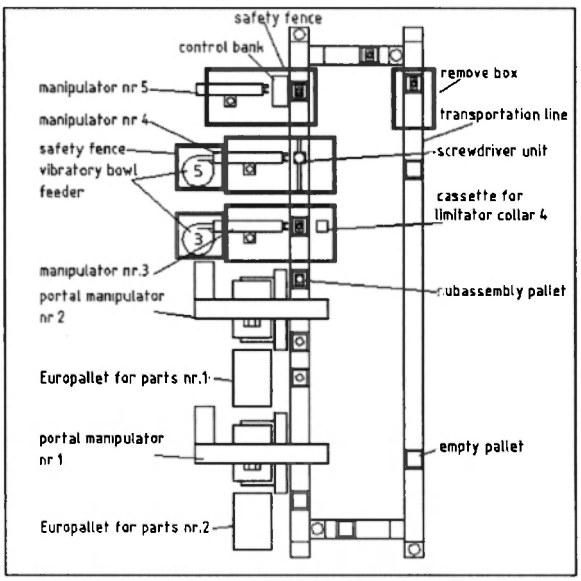
4.2. Robotos összeszerelő rendszer 1 robottal

A 2-es számú csapokat a 2-es tálcára helyezik (3.sz. ábra). Mindegyik tálcán 12 (3x4) darab található. Az 1-es számú csapház az 1-es palettán érkezik hasonló rendezésben. A SCARA típusú robot a 12 csapházat felhelyezi a 12 csapra. A művelet során a robot a csapházakat egy magasnyomású légsugár előtt portalanítja. A 12 darab 3-as alátét egy rezgő adagolón érkezik a robot munkaterébe. Ezeket a robot egyenként helyezi a 2-es tálcán levő csapokra. A 12 darab 4-es aljlemezt egy rugós tárolóból veszi ki a robot és helyezi a 2-es tálcán levő csapokra. Az aljlemez formájára nézve asszimetrikus valamint a csap 9o fokos elfordulását biztosítja. Az aljlemez fent említett tárolási módja előnyösebb, mint ha rezgőadagolóval szolgáltuk volna fel. Az 5-ös csavaranyákat az 5-ös rezgőadagoló juttatja a robot munkaterébe. A 12 darab csavaranyát a robotra felszerelt behajtó csavarja fel a csapokra. A csavaró nyomatékot a csap típusától függően kell beállítani. Amikor a csapok elkészültek, a robot egyenként

teszi fel őket a próbapadra, ahol egy bizonyos axiális nyomás hatására mérik a csap elmozdulását a csaptesthez képest. Ha az elmozdulás az elvárt határok közé esik, akkor a csapot jónak tekintik.

4.3. Manipulátoros összeszerelő rendszer

A rendszer 5 munkahelyből áll (4.sz. ábra). Az első munkahelyre a 2-es számú darabok egy Europalettán (1.2m x 0.8m) érkeznek gyártó részlegről. Az 1-es számú portál manipulátor a 2-es alkatrészeket egyenként teszi fel a szállító szalagon levő tálcákra. A tálcák egy munkadarab szállítására alkalmasak. Az 1-es munkadarabok a 2-eshez hasonlóan Europalettán érkeznek a 2-es munkaponthoz. Amikor az első tálca a 2-es darabbal a 2-es munkapontnál van, akkor a 2-es portál manipulátor az 1-es csapházat ráhelyezi a 2-es csapra. Ezután a tálca átmegy a 3-as munkapontra, ahol rezgőadagolón érkeznek a 3-as alátétek a manipulátorhoz. A 4-es aljlemezt a manipulátor egy függőleges rugós patronból veszi el és helyezi a 2-es csapra, miután 3-as alátétet már feltette. A 4-es munkaponton a manipulátor a rezgőadagolóból érkező csavaranyákat a csavarbehajtó készülék segítségével teszi rá a csapra. Az 5-ös munkaponton történik az ellenőrzés, ami az előző két esetben leírt műveleteket foglalja magába.



4.sz. ábra. Manipulátoros összeszerelés

Mindhárom esetben abból indultam ki hogy a harmadik típusú gázcsap 6,7,8-as elemei a csaptestre felszerelve érkeznek a szerelő rendszerekhez.

5. Szimuláció

A három rendszer szimulációja a *Taylor II* programmal történt. A szimuláció során a rendszerek különböző körülmények között futottak.

a, Első eset, 'ideális eset' - a rendszerek meghibásodás nélkül működnek.
b, Második eset, a rendszert alkotó berendezések bizonyos időbeli eloszlásfüggvény szerint meghibásodnak.
c, Harmadik eset, a rendszert alkotó berendezések bizonyos időbeli eloszlásfüggvény szerint meghibásodnak és bizonyos valószínűséggel selejtet is termelnek.

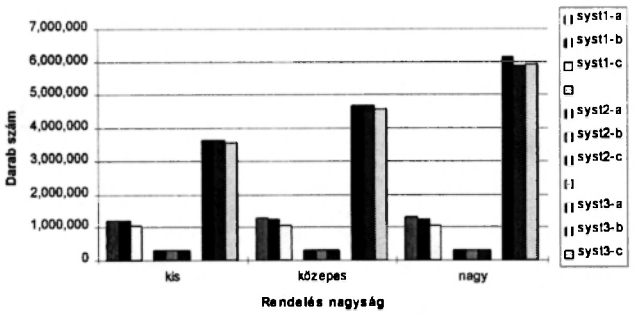
Továbbá a három rendszer három különböző típusú rendelés-sorozatnak volt alávetve:

1. kis rendelések - a rendelések egyenkénti mérete nem haladja meg a 800 darabot.
2. közepes rendelések - a rendszerek egyaránt kapnak kis és nagy rendeléseket.
3. nagy rendelések - a rendelések egyenkénti mérete meghaladja az 1000 darabot.

6. A rendszerek értékelése, összefoglalás

Mindegyik rendszer más és más beállítási idővel rendelkezik: a kézi összeszerelési rendszernél 600 másodperc, a robotosnál 900 másodperc és a manipulátorosnál 1200 másodperc.

Egy éves időtartamra vetítve a rendszerek termelését a következő eredményeket kapjuk, 5. sz. ábra. Az ábrán a diagramokat három nagy csoportra osztottuk. Az első háromszor három diagramot tartalmazó csoport a kis rendeléseket, a második ilyen csoport a közepes rendeléseket és a harmadik ilyen csoport a nagy rendeléseket foglalja magába. A hármas kötegekben levő diagramok egy rendszer három különböző körülmények között (az 5. pont szerinti a, b, c, jelölés) futtatott eredményeit tartalmazza.



5. sz. ábra Éves termelés

Látható hogy *termelékenység* szempontjából a manipulátoros rendszer termelékenysége a legmagasabb. Ezt követi a kézi összeszereléses rendszer és a sort végül a robotos szerelő rendszer zárja. Nem kell megfeledkezni, hogy a végtermék *megbízhatóság* szempontjából a manipulátoros és a robotos rendszer esetében a legjobb. A kézi összeszerelős rendszerről kikerült termékek minősége alacsonyabb és változó is egyben. Ennek egyszerű magyarázata hogy az emberi munkaerő minősége hosszantartó rutin munkák esetén lankad.

Befektetői szemmel nézve a három esetet, a végső döntést végül is a gazdasági mutatók adják meg egyik vagy másik rendszer kiválasztásánál. Manapság amikor Kelet-Európában ipari-stratégiai befektetők gyártó- szerelő gyárak telepítését tervezik, két átlapolódó cél vezérli őket: 1. termékeiket közvetlenül a felvásárló piac mellett gyártani, ill. összeszereltetni, 2. termékeiket az alacsony munkabérű országokban összeszereltetni, ily módon jelentősen csökkentve a termék előállítási költségeket.

A jelen esetben ismerve a három rendszer paramétereit, valamint az adott ország gazdasági körülményeit kiválasztható, hogy melyik rendszer az optimális.

Hivatkozások

Alting, L. and Legharth, J.B. (1995). Life Cycle Engineering and Design, *Annals of the CIRP*, **Vol. 44**/2, pp.569-580.

Gödri, I. and Monostori, L. (1996). An integrated approach to design, manufacturing and assembly/ diasassembly, *Proceedings of 7th International DAAAM Symposium,* Vienna, pp.125-126.

Gödri, I. and Monostori, L. (1997). Simulation and novel control techniques for re-engineering purposes, *Preprints of the First IFAC Workshop on Manufacturing Systems: Manufacturing Modelling, Management and Control (MIM'97),* February 3-5, 1997, Vienna, Austria, pp.403-408.

Monostori, L., Szelke, E. and Kádár, B. (1997). Management of changes and disturbances in manufacturing systems, *Preprints of the First IFAC Workshop on Manufacturing Systems: Manufacturing Modelling, Management and Control (MIM'97),* February 3-5, 1997, Vienna, Austria, pp.27-38.

Stevenson, J.William (1990). *Production & Operations Management,* IRWIN, Homewood, IL 60430, Boston, MA 02116, Third edition.

N. N.: Taylor II for Windows Simulation Software, 1996 by F&H Simulations B. V

Thomson, J.L. (1993). *Strategic Management: Awarness and Change*, Chapmann & Hall, London

Gödri István, MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, Budapest, XI. Kende u. 13-17, godri@sztaki.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A BÜTYÖK ÉS A HAJLÉKONY GOLYÓSCSAPÁGY KAPCSOLATA

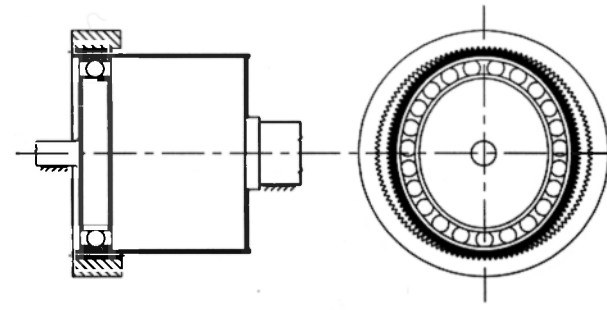
Németh Géza,Dr. Péter József

Összefoglalás

A hullámhajtómű leginkább igénybe vett eleme a hullámkerék. Terhelését, anyagának fáradását a vele kapcsolódó elemek erősen befolyásolják. Ilyen befolyásoló elem a bütyök is, mely a hajlékony csapágynak átadott alakváltozáson keresztül hat rá. Ahogy a hajlékony csapágy belső gyűrűjének görbülete változik, pontjai érintő irányban elmozdulnak, adott pontjaihoz tartozó normálisai elfordulnak, ugyanúgy a csapágy külső gyűrűjén is megjelennek ezek a változások, valamint a reá illesztett hullámkerékben is. A bütyök és a belső csapágygyűrű érintkezési pontjai elvileg nem mozdulnak el egymáshoz képest, ha eltekintünk a köztük meglévő hézagtól. A csapágy külső gyűrűjének és a hullámkeréknek a kapcsolatáról ugyanez mondható el. Azonban amíg a belső gyűrű egyetlen deformálását nem követi újabb, a külső gyűrű és a hullámkerék deformálása folyamatosan, minden egyes körülfordulás alatt végbemegy. Fogazott kerekek esetén a fogak elfordulása követi a külső gyűrű normálisának elfordulását, ezért mindéképpen szükséges az eddigi adatok birtokában a külső csapágygyűrű és a hullámkerék-alak meghatározása – pusztán a bütyök deformáló hatásából adódóan –, melyre azután a külső terhelésből adódó alakváltoztató hatás szuperponálandó. Jelen dolgozat előtanulmánynak tekinthető a kapcsolódó hullámkerék-fogak tartományának, a terheléseloszlásnak és fogdeformációknak számításához.

1. Bevezetés

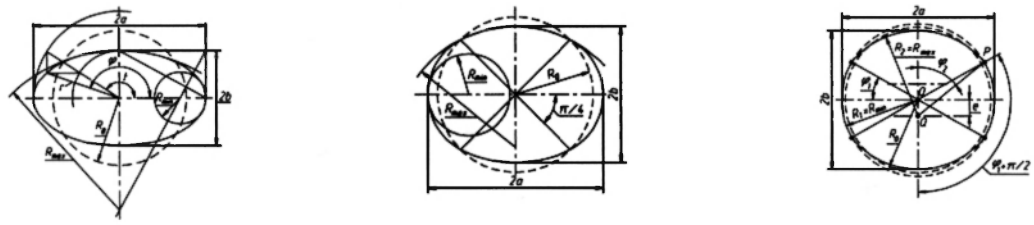
A bolygóművek külön osztályát képezik a hullámhajtóművek, melyek fő jellegzetessége, hogy működés során több elemükben nagy rugalmas deformáció jön létre, és működésük alapját éppen ez a nagymértékű deformáció teremti meg. A három alapelem – külső és belső kapcsolódású kerék, generátor – mindegyik típusban fellelhető. A kerekek közül legalább az egyik nagy rugalmas alakváltozásnak kitett elem, ezért hajlékony kiképzésű, és hullámkeréknek nevezzük. A hajlékony kerék hullámait a generátor gerjeszti, mely a működési elv és a kialakítás szerint is nagy változatosságot mutat. A súrlódások csökkentése érdekében a bütyök és a hullámkerék közé hajlékony golyóscsapágyat építenek be. Az 1. ábra ezt a konstrukciót mutatja. A következőkben a szokásos bütyökkialakítások kerülnek bemutatásra.



1. ábra Külső fogazatú hullámkerék, a gyűrűkerék és a hajlékony golyóscsapágy, bütyök összeállítás

2. Bütyökprofil-görbék

A 2. ábrán látható három bütyökprofilt szeretnénk bemutatni. Az első egy ellipszis, a második egy R_0 sugarú körre szuperponált $w_0\cos 2\phi$ függvénnyel írható le, a harmadik pedig egy négy körívből álló zárt síkgörbe. Mindegyik görbe jellemezhető az R_0 közepes sugárral, az *a* és *b* fél nagy- és kistengellyel.



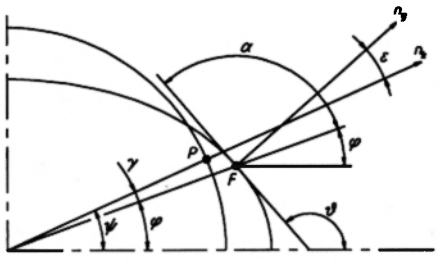
2. ábra Bütyökprofilok

Az R_0 közepes sugarat abból a feltételezésből számítjuk, hogy a bütyök külső kerülete — teljes ívhossza —, és a csapágy belsőgyűrűjének csatlakozó kerülete megegyezik. Hasonlóan, elemi differenciál-geometriai összefüggésekkel számíthatók a görbületek szélső értékei is, amint az 1. táblázat mutatja [4,5,8].

1.táblázat Bütyökprofilok jellemző számértékei

Jellemző	Jel	Ellipszis	$r = R_0 + w_0 \cos 2\phi$	Négy köríves
Közepes sugár	R_0 [mm]	29,9970	29,9880	30,0334
Fél nagytengely	a [mm]	30,5970	30,5880	30,6344
Fél kistengely	b [mm]	29,3970	29,3880	29,4344
Legnagyobb görbület	g_{max} [1/mm]	0,03541	0,03526	0,03264
Legkisebb görbület	g_{min} [1/mm]	0,03140	0,03125	0,03214

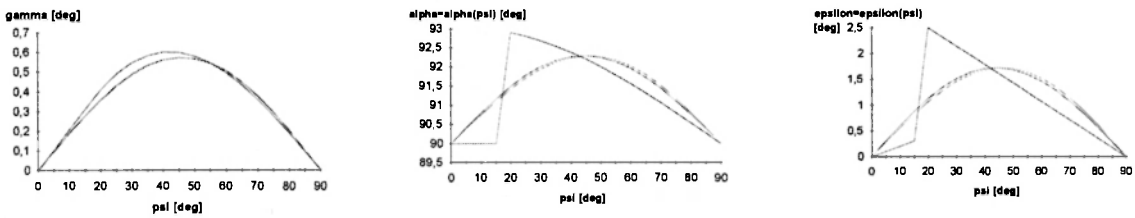
A bütyökre a hajlékony csapágy belső gyűrűje kerül. Síkbeli modellt használva, továbbá hézagmentes illeszkedést feltételezve az eredetileg d belső átmérőjű gyűrű felveszi a bütyök alakját, vagyis a kör a bütyökprofiltól függően torzul. Az 3. ábra az ellipszissé történő alakváltozás közben előálló változásokat mutatja. A szimmetriák miatt elegendő egynegyed ívet vizsgálni. A ψ szöghöz tartozó kör P pontja az alakváltozás után az ellipszis F pontjába mozdul, vagyis a ϕ-vel jelölt szöghelyzetbe. Látható, hogy $\gamma = \psi - \phi$ jellemzi az érintő irányú elmozdulást. Az is megfigyelhető, hogy a nagytengely végpontjának irányába mozdulnak el a pontok, és ez érvényes végig a (0, π/2) tartományon.



3. ábra A belső csapágygyűrű alakváltozása

Az F pontbeli érintő υ szögben hajlik, ehhez képest a sugár koordináta α szögben. Az adott gyűrűponthoz tartozó normálisnak az alakváltozás közbeni elfordulását az ε szög jellemzi. Hasonló ábrák tartoznának a másik

két bütyökhöz is. A γ, α és ε szögértékek változását ψ függvényében a 4. ábra mutatja. Az ellipszis alakú bütyök (folytonos vonal) és a cos 2ϕ -ként periodikus (szaggatott) alig mutat eltérést, szemben a négyköríves profillal (pontozott vonal). A függvények többsége szélső értékkel rendelkezik a vizsgált tartományon, és ez maximum. A négyköríves profil $\alpha(\psi)$ és $\varepsilon(\psi)$ függvénye is rendelkezik maximális értékkel az adott tartományon. Ezeket foglalja össze a 2. táblázat.



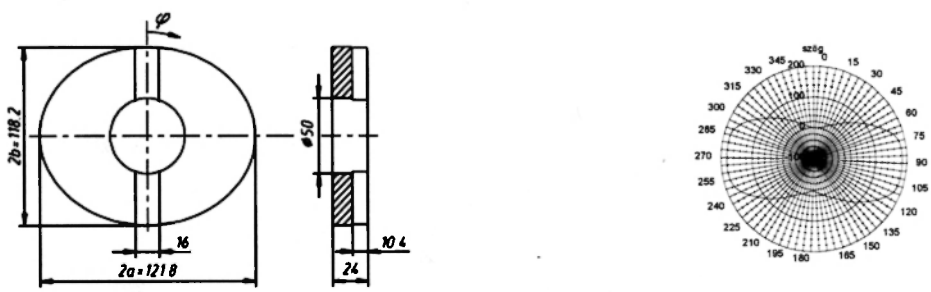
4. ábra $\gamma = \gamma(\psi)$, $\alpha = \alpha(\psi)$ és $\varepsilon = \varepsilon(\psi)$ függvény a $[0, \pi/2]$ tartományon

2. táblázat Szélső értékek helyei és értékei (az 5. ábra jelöléseivel)

Jellemző				Ellipszis	$r=R_0+w_0\cos 2\phi$	Négy köríves
A gyűrű P pontjának elfor-	maximum	helye	ψ [°]	45,7145	46,1458	42,0547
dulása		értéke	γ_{max} [°]	0,5735	0,5729	0,6028
F pontbeli érintő és a hoz-	maximum	helye	ψ [°]	44,4271	46,1461	15,3172
zá húzott sugár szöge		értéke	α_{max} [°]	92,2918	92,2920	92,9827
P pontbeli normális elfor-	maximum	helye	ψ [°]	43,9973	46,1463	15,3172
dulása, mialatt F-be kerül		értéke	ε_{max} [°]	1,7190	1,7191	2,6655

5. Bütykök mérése, gyártása

A 5. ábra egy megvalósult négyköríves profilú bütyköt mutat, mely a ME Gépelemek Tanszékén készített kísérleti darab. A "köralakhibát" polár diagramon ábrázolva kitűnik, hogy $\phi_1 \approx 15°$ volt a gyártás egyik alapadata. d = 2a = 121,8 mm sugarú hengerből kiindulva, síktárcsában készült.



5. ábra Négy köríves bütyök mérési eredményei. A polár diagramon ábrázolt $w(\phi)$ függvény [0,01

6. Értékelés, következtetések

A hullámhajtómű leginkább igénybe vett eleme a hullámkerék. Terhelését, anyagának fáradását a vele kapcsolódó elemek erősen befolyásolják. Ilyen befolyásoló elem a bütyök is, mely a hajlékony csapágynak átadott alakváltozáson keresztül hat rá. Ahogy a hajlékony csapágy belső gyűrűjének görbülete változik, pontjai érintő irányban elmozdulnak, adott pontjaihoz tartozó normálisai elfordulnak, ugyanúgy a csapágy külső gyűrűjén is megjelennek ezek a változások, valamint a reá illesztett hullámkerékben is. A bütyök és a belső csapágygyűrű érintkezési pontjai elvileg nem mozdulnak el egymáshoz képest, ha eltekintünk a köztük meglévő hézagtól. A csapágy külső gyűrűjének és a hullámkeréknek a kapcsolatáról ugyanez mondható el. Azonban amíg a belső gyűrű egyetlen deformálását nem követi újabb, a külső gyűrű és a hullámkerék deformálása folyamatosan, minden egyes körülfordulás alatt végbemegy. Fogazott kerekek esetén a fogak elfordulása követi a külső gyűrű normálisának elfordulását, ezért mindéképpen szükséges az eddigi adatok birtokában a külső csapágygyürü és a hullámkerék-alak meghatározása – pusztán a bütyök deformáló hatásából adódóan –, melyre azután a külső terhelésből adódó alakváltoztató hatás szuperponálandó.

Irodalom

[1] Molnár L. & Varga L., Gördülőcsapágyak tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977, 452p.

[2] Volkov, D.P. & A.F.Krajnev, Hullámhajtóművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, p209-214.

[3] Péter J., Fogaskerék-hullámhajtómű és tengelykapcsoló kapcsolódásának vizsgálata, A Tudományos Minősítő Bizottsághoz benyújtott és elfogadott kandidátusi értekezés, Miskolc, 1992, 111p.

[4] Németh G. & Péter J., Az egysorú mélyhornyú golyóscsapágy és a hajlékony golyóscsapágy különbségei, microCAD '96 Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos konferencia, Gép- és Szerkezettervezés (J/1) Szekció kiadványkötete, 1996. feb. 29., Miskolc-Egyetemváros

[5] Pap Józsefné (et al.), Gépek kinematikai láncát alkotó gépelemek és szerelvények tartósságnövelése (kut. jelentés, sz: 151-76-3.8.-1.), 1978. febr., Miskolc

Németh Géza, egyetemi tanársegéd,

Dr. **Péter József**, Ph.D., a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens, *Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszéke, Miskolc-Egyetemváros H-3515, Hungary,* Tel/fax: +36 46 327 643

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

KITÉRŐ TENGELYÜ KÚPKERÉKHAJTÁSOK EGYMÁST BURKOLÓ FOGFELÜLETEINEK MEGHATÁROZÁSA A FŐPONT FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Orbán György, Bitay Enikő

1. BEVEZETÉS

Azokat a kitérő tengelyű hajtásokat, melyeknél két osztókúp érintőleges párositása fordul elő, hipoidhajtásnak nevezzük. Azt a pontot, ahol a hipoidhajtás osztókúpjai érintkeznek lesz a hajtás főpontja.

A tudományosan megválasztott főpont eléréséhez, szükség van a hipoid kerekek megmunkálásánál figyelembe venni a kinematikai követelményeket. Ennek értelmében kidolgoztunk egy számitási algoritmust, mellyel meghatározhatók a megmunkáláshoz szükséges paraméterek egy hipoid kúpkerék esetében. Ez a dolgozat a megmunkálásnál keletkező egymást burkoló származtató illetve az általa burkolt fogfelület kiszámitását mutatja be.

3. A SZÁMITÁSOK MENETE

A számítási algoritmus azon alapszik, hogy a fogaskerék kapcsolódó felületei pontszerű érintkezésű magasabbrendű kinematikai párnak tekinthetők. A kapcsolódási pont mindkét felületen egy-egy kapcsolódási pontot ír le, a hordkép vezérvonalát. Az általános gyártási elven müködő fogaskerékpár esetén a kapcsolodó felületek két származtató mozgással és szerszámfelülettel vannak megmunkálva. A megmunkálások állandó áttételü egyparaméteres burkolással történnek. A hajtás tervezésénél abból indulunk ki, hogy a hipoidhajtás összes geometriai jellegü adatát hat kiindulási adat egyértelmüen meghatározza. Ezek közül három alapadat: tengelytávolság (a), tengelyszög (Σ), és a hajtás áttételi viszonya (i_{12}), a többi három egymástól független geometriai paraméter lehet. E három független paraméter megválasztásával lehet figyelembe venni a tehnológiát, a gyártószerszámok adatait és a főpont felvételének bizonyos elméleti szempontjait (1. ábra). A gyártástehnológiai követelményeknek megfelelően felvesszük a megmunkáló késfej tengelyét (Δ_{s1}), melyet az a_{1s1} tengelytávolsággal és Σ_{1s1} tengelyszöggel jellemezünk a megmunkálandó 1-es kerékhez képest, a megmunkaló késfej és munkadarab közötti áttételi viszonyt és a származtató felületet (F_{s1}). A származtató mozgás során az F_{s1} felület burkolással előállítja az F_1 fogfelületet. A megmunkálást jellemző φ_1 paraméter minden értékére az F_1-en egy karakterisztikát határozunk meg, melyek összessége megadja a burkolt felületet. A főpont ezen a felületen kell legyen (1.ábra).

4. A SZÁRMAZTATÓ ÉS A BURKOLT FELÜLET PONTJAINAK KISZÁMÍTÁSA

A számítások a felületek diszkrét pontokban való megadásán és a származtató mozgások mátrixos egyenleteivel történő kifelyezésén alapulnak.

A származtató felületet egy kúp felületének vesszük. E felület parametrikus egyenletei és normálvektora a kúp csúcsában vett koordinátarendszerben (1.ábra) a következőképen írható fel matrixos formában:

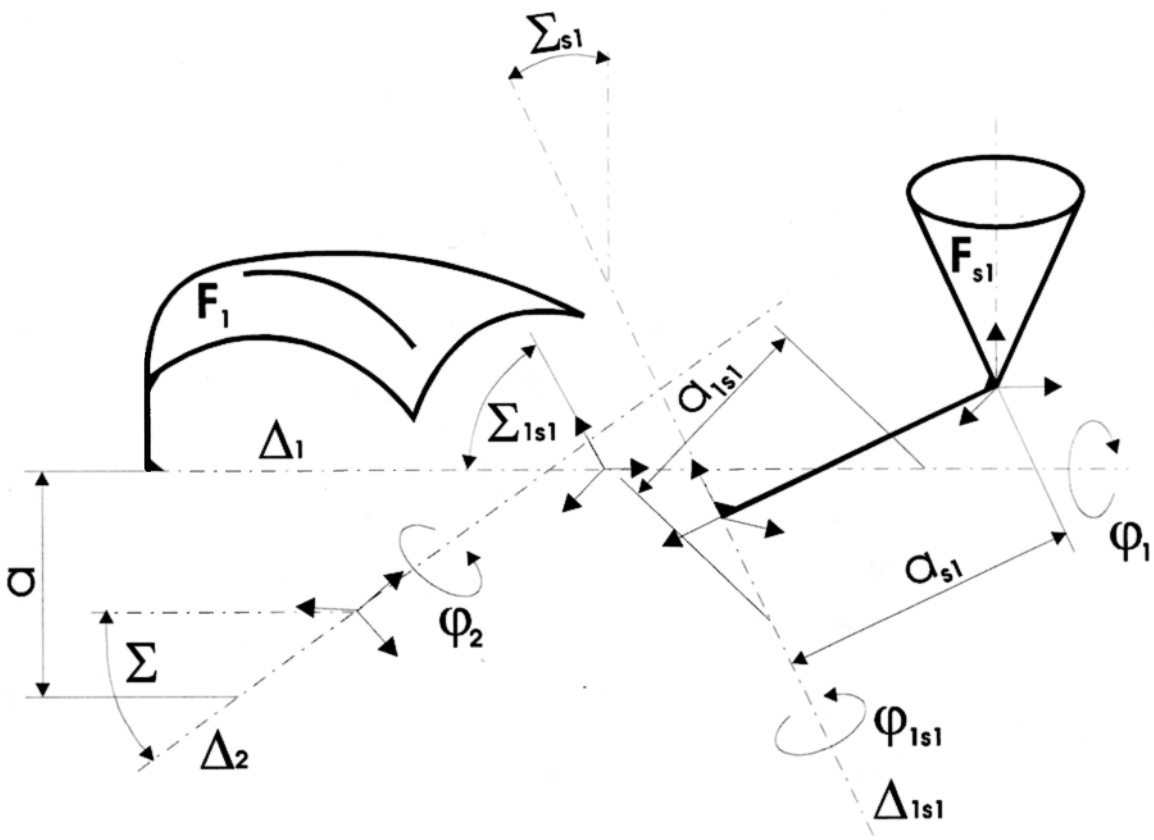
$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u.\sin\gamma \cos v \\ u.\sin\gamma .\sin v \\ u.\cos\gamma \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \vec{\mathbf{n}} = \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u.\cos\gamma \cos v \\ u.\cos\gamma .\sin v \\ \sin\gamma \\ 1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

Az (1) matrixok által meghatározott pontok illetve normálvektoraik a megmunkáló késfej forgásközéppontjához kötött koordinátarendszerben a [2] megadott transzformációs mátrixok segítségével fejezhetök:

$$\mathbf{X}_{s1} = \begin{bmatrix} x_{s1} \\ y_{s1} \\ z_{s1} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Sigma_{s1} & 0 & -\sin\Sigma_{s1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -a_{s1} \\ \sin\Sigma_{s1} & 0 & \cos\Sigma_{s1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \mathbf{X} \quad \vec{\mathbf{n}}_{s1} = \begin{bmatrix} n_{xs1} \\ n_{ys1} \\ n_{zs1} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Sigma_{s1} & 0 & -\sin\Sigma_{s1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\Sigma_{s1} & 0 & \cos\Sigma_{s1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \vec{\mathbf{n}} \tag{2}$$

A továbbiakban meghatározzuk a (3) matrixok által adott pontokkal a megmunkáló lefejtő mozgás során burkolt felület pontjait a munkadarabhoz kötött koordinátarendszerben. A megmunkáló szerszám és a munkadarab tengelytávolsága a_{1s1} Js tengelyszöge Σ_{1s1}, a lefejtés paramétere pedig az 1.ábra szerint:

$$i_{1s1} = \varphi_1/\varphi_{1s1}.$$



1.ábra

$$\mathbf{X}_1 = \mathbf{M}_1 * \mathbf{X}_{s1} = \begin{bmatrix} ml_{11} & ml_{12} & ml_{13} & ml_{14} \\ ml_{21} & ml_{22} & ml_{23} & ml_{24} \\ ml_{31} & ml_{32} & ml_{33} & ml_{34} \\ ml_{41} & ml_{42} & ml_{43} & ml_{44} \end{bmatrix} * \mathbf{X}_{s1} \qquad \textbf{(3)}$$

ahol a következő jelöléseket használtuk:

$$ml_{11} = \cos\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1} \cos(\varphi_1 / i_{1s1}) + \sin\varphi_1 . \sin(\varphi_1 / i_{1s1})$$
$$ml_{12} = -\cos\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1} \sin(\varphi_1 / i_{1s1}) + \sin\varphi_1 . \cos(\varphi_1 / i_{1s1})$$
$$ml_{13} = -\cos\varphi_1 . \sin\Sigma_{1s1}$$
$$ml_{14} = -a_{1s1} . \sin\varphi_1$$

$$ml_{21} = -\sin\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1} \cos(\varphi_1 / i_{1s1}) + \cos\varphi_1 . \sin(\varphi_1 / i_{1s1}) \qquad ml_{31} = \sin\Sigma_{1s1} \cos(\varphi_1 / i_{1s1}) \qquad ml_{41} = 0$$
$$ml_{22} = \sin\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1} \sin(\varphi_1 / i_{1s1}) + \cos\varphi_1 . \cos(\varphi_1 / i_{1s1}) \qquad ml_{32} = -\sin\Sigma_{1s1} \sin(\varphi_1 / i_{1s1}) \qquad ml_{42} = 0$$
$$ml_{23} = \sin\varphi_1 . \sin\Sigma_{1s1} \qquad ml_{33} = \cos\Sigma_{1s1} \qquad ml_{43} = 0$$
$$ml_{24} = -a_{1s1} . \cos\varphi_1 \qquad ml_{34} = 0 \qquad ml_{44} = 1$$

A származtató felület és a burkolt felület pillanatnyi érintkezési pontjában értelmezett relatív sebességvektort az [1] alapján a következő matrixegyenlettel kapjuk:

$$\vec{\mathbf{v}}_{1s1} = \mathbf{MV} * \mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} v_{x1s1} \\ v_{y1s1} \\ v_{z1s1} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} mv_{11} & mv_{12} & mv_{13} & mv_{14} \\ mv_{21} & mv_{22} & mv_{23} & mv_{24} \\ mv_{31} & mv_{32} & mv_{33} & mv_{34} \\ mv_{41} & mv_{42} & mv_{43} & mv_{44} \end{bmatrix} * \mathbf{X}_1 \qquad \textbf{(4)}$$

ahol a következő jelöléseket használtuk:

$$mv_{11} = 0 \qquad mv_{21} = i_{1s1} . \cos\Sigma_{1s1} - 1$$
$$mv_{12} = -(i_{1s1} . \cos\Sigma_{1s1} - 1) \qquad mv_{22} = 0$$
$$mv_{13} = i_{1s1} . \sin\varphi_1 . \sin\Sigma_{1s1} \qquad mv_{23} = i_{1s1} . \cos\varphi_1 . \sin\Sigma_{1s1}$$
$$mv_{14} = i_{1s1} . a_{1s1} . \sin\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1} \qquad mv_{24} = -i_{1s1} . a_{1s1} . \cos\varphi_1 . \cos\Sigma_{1s1}$$

$$mv_{31} = -i_{1s1} . \sin\Sigma_{1s1} . \sin\varphi_1 \qquad mv_{41} = 0$$
$$mv_{32} = -i_{1s1} . \sin\Sigma_{1s1} . \cos\varphi_1 \qquad mv_{42} = 0$$
$$mv_{33} = 0 \qquad mv_{43} = 0$$
$$mv_{34} = i_{1s1} . a_{1s1} . \sin\Sigma_{1s1} \qquad mv_{44} = 1$$

Figyelembe véve, hogy a megmunkáló szerszám és a burkolt felületek között fenn kell álljon a kapcsolódás alaptörvénye, a [1] szerint felírható:

$$\vec{\mathbf{n}}_{1s} * \vec{\mathbf{v}}_{1s1} = \mathbf{0}$$

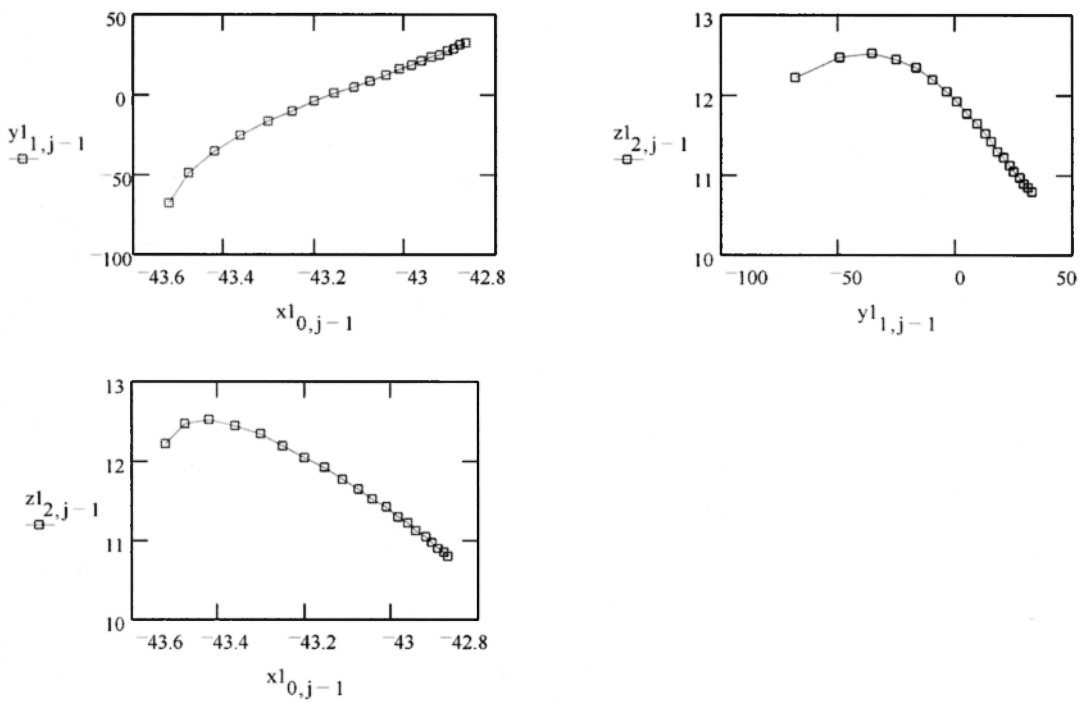
azaz:

$$n_{s1x} . v_{1s1x} + n_{s1y} . v_{1s1y} + n_{s1z} . v_{1s1z} = 0 \qquad \textbf{(5)}$$

Az (5) egyenlet öszefüggést ad az u,v és φ_1 paraméterek között. Egy adott φ_1 értéket megadva egy karakterisztikát kapunk, amely a burkolás során jön létre.

A számításokat a következő adatokra végeztük el: $\gamma=40^0$;$a_{s1}=55$; $\Sigma_{s1}=57^0$; $a_{1s1}=55$;$\Sigma_{1s1}=57^0$; $i_{1s1}=2$; $\varphi_1=28.5^0$

Kifelyezve u paramétert az (5) egyenletből a v paraméter függvényében az (5) egyenletből, a φ_1-et állandónak tekintve és v-nek különböző kompatibilis értékeket adva a (3) egyenletek alapján kiszámítottuk a karakterisztika különböző pontjait, és ábrázoltuk a térbeli görbét a három vetületi síkban a 2.ábra szerint. A burkolt fogfelület több φ_1 értékre kiszámított karakterisztika által van meghatározva és két paraméterrel van jellemezve, v és φ_1. A számításokat és az ábrázolást a MATHCAD 5.0 számítógépes programmal végeztük el.



2.ábra

Irodalom

[1] MAROS. D.,PELECUDI. C.:Mecanisme, EDP, Bukarest, 1985.

[2] ORBÁN. GH.: Referat nr 2. la teza de doctorat, Universitatea Tehnic| Cluj-Napoca, 1996.

Orbán György, doktorandusz, Bitay Enikő, doktorandusz

SC.Tehnofrig SA. Románia, 3400 Cluj-Napoca, str.F-cii de Chibrituri nr.5-11,

tel.40-64-435317

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

RUGALMAS ANYAGÚ SIKLÓCSAPÁGYAK

Szávai Szabolcs

Az utóbbi években jelentősen elterjedtek az olyan csapágyak, ahol különböző megfontolásokból nemfémes (gumi, műgumi, műanyag) anyagokat használnak. Először az olyan technikai műanyagok terjedtek el, melyekkel lehetőség nyílt a színesfémek helyettesítésére, amelyek ki tudják elégíteni a siklócsapágyazás változó üzemi feltételeit. A II. világháború óta nő ugyanis az igény gondozásmentesen működő gépek iránt, amelyek csapágyai még rossz kenési viszonyok között is gondoskodnak a kedvező súrlódási feltételekről. Valójában a műanyagok és a gumi csak bizonyos feltételek között helyettesítik a fém csapágyakat. Ezzel szemben bizonyos körülmények között a csapágyműanyagok, gumik egyes tulajdonságai felülmúlják a fém csapágyanyagokét (pl. kopásállóság, kis súrlódási veszteség). Ezért a csapágyműanyagokat nem helyettesítő, hanem sajátos csapágyanyagoknak kell tekinteni. Éppen ezért, a műanyagból, gumiból készítendő siklócsapágyak méretezése nem lehet azonos a hasonló fém alkatrészekével. Sőt sok esetben maga a szerkezet sem lehet azonos kialakítású a fémből készültekével. [3][6]

Műanyag csapágyanyagok alkalmazási előnyei, határai és javítási lehetőségei [1][2][4][5]

A csapágytechnikában poliamidokat, poliacetát, polietilén-tereftalátot, fluorplasztokat, rendkívül nagy molekulasúlyú polietilént, fenolformaldehidet, poliimideket, epoxit, és a felsoroltak számos anyagtársítását alkalmazzák. Ezek alkalmazási előnyei a kedvező siklási tulajdonságok, amelyek szárazfutás körülményei között is megmaradnak, nagy kopásállóság, jó csillapítóképesség, nagyfokú vegyszerállóság, a műanyagok képessége a szilárd szennyezések beágyazására minek hatására a jó siklási tulajdonságai miatt a csapok felületén nem lép fel berágódás. A műanyagok jó társíthatósága más, tulajdonságot módosító anyagokkal szélesítik az alkalmazási területeket, a műanyag-feldolgozási technológiák nagy választéka számos konstrukciós változat kialakítását teszi lehetővé.

Kedvezőtlen tulajdonságaik azonban határt szabnak alkalmazási lehetőségeiknek. Ezek a korlátozott hőállóság, az egyes műanyagok nagy nedvességfelvétele miatti nagy méretváltozás, a fémeket nagyságrendekkel meghaladó hőtágulás, az alacsony szilárdsági jellemzők a kúszáshajlam, a kis hővezető-képesség (kb. 300-szor kisebb mint a fémeknél).

A teherbírás növelése, a kedvezőtlen hatások csökkentése érdekében a műanyagokba gyakran erősítő- és töltőanyagokat adalékolnak. A megfelelően alkalmazott erősítő anyagok növelik az anyag szilárdságát, keménységét, esetleg javítják hővezető képességét (pl. bronz). A tribológiai jellemzők is jelentős mértékben megváltoznak az erősítő anyagok mennyiségétől, tulajdonságaitól, elrendezésétől és eloszlásától függően. Így például a műanyagok adhéziós munkája kis felületi energiájú anyagok (polietilén, politetrafluor-etilén) hozzáadásával, az adhéziós kapcsolatok nyírószilárdsága pedig kenőolajak vagy szilárd kenőanyagok (pl. molibdéndiszulfid, grafit) bevitelével csökkenthető.

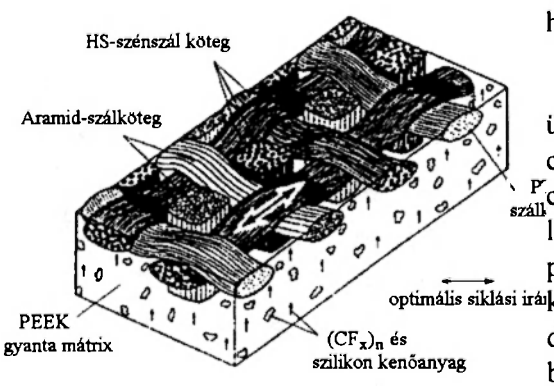
A tényleges érintkezési felület nagysága és az érdesség-csúcsok benyomódásának mélysége a keménység növelésével csökkenthető, ami szálas (üvegszál, szénszál, kerámiaszál stb.) vagy por alakú (üveg-, szén-, grafit-, fém-, krétapor, stb.) erősítő anyagok bevitelével érhető el. A keménység növelése gyakran együtt jár a hiszterézis veszteség csökkenésével is. Az erősítő anyagokkal (pl. szén-, üveg-, grafit-, bronzpor) a kis felületienergiájú anyagok (pl. PTFE, melynek súrlódása nagyon alacsony, de rendkívül gyorsan kopik) kopásszilárdsága nagyságrendekkel megnövelhető anélkül, hogy a kedvezően alacsony súrlódási tényezője túlságosan megemelkedne. A poláros műanyagok súrlódási tényezője, ami viszonylag nagy, pedig a PTFE vagy PE hozzáadásával csökkenthető. A súrlódás csökkenése itt kopáscsökkenéssel is jár. A táblázatban [2] vékony rétegű társított anyagok anyagkombinációinak lehetséges példái találhatók, megnevezve a tipikus műanyagmátrixokat, szálféleségeket, belső kenőanyagokat és más társító összetevőket.

Mátrix	Szálféleség	Szálforma	Szilárd kenőanyag
fenol	poliimid-amid	szál	PTFE
vinil-fenol	aromás poliamid	vászonkötésű szövet	részecskék (pehely)
epoxi	poliészter	selyemszövet	kevert szövetbe szőve
poliimid	üveg	sávolykötésű szövet	$(CF_x)_n$
PPS	szén	fátyolszövet	grafit
PES PEEK	fémek bronz nikkel bór	sodrott szál szálköteg kevert szálköteg kevert szál	MoS_2

Erős abrazív igénybevételű, nagy kopásállóságú társított műanyagokhoz célszerű PEEK mátrixot választani, amelynek merőleges Aramid szálerősítése van. Különböző, együtt fellépő, eltérő irányú koptató hatások 3 dimenziójú hibrid-társított anyagot igényelnek, amelyben a siklómozgás síkjában grafitszövet van, erre merőlegesen pedig aramidszál mátrix pedig szívós kopásálló műanyag pl. PEEK (1.ábra).

Csapágyszerkezetek [5][8][9]

Az ilyen csapágyak osztályozásának egyik elve a vastagsági méretet követi. A vastag falú csapágyak 3 mm feletti fallal rendelkeznek, a vékony falúak fala nem vékonyabb, mint 1 mm és ez alatt vannak a filmcsapágyak. A konstrukciós irányelveket a műanyagok hátrányos tulajdonságai szabják meg.

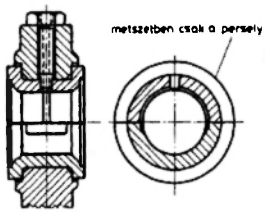


1. ábra [2]

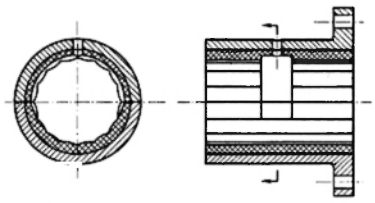
A vastag falú csapágyakat főleg nagy terhelésű üzemben nagy csapátmérőre használják pl. hengerüzemi csapágyazáshoz, hajócsavar tengelyéhez, kormányszár csapágyaihoz. Egy ilyen helyesen kialakított csapágy látható a 2. ábrán. A fémekhez viszonyítva műanyag perselyeknél aránylag nagyobb rés szükséges, mert a kenőanyag megduzzasztja a műanyag perselyt és az befelé dagad, vagyis csökken a kenőrés. A olaj, a kenőanyag beszívódása egyébként előnyös, mert a kenési viszonyokat javítja, így még nagy felületi terhelés esetén is kielégítő a kenés.

Nagy turbináknál és szivattyúknál és olyan esetekben, amikor iszapos vagy erősen homokos víz kerülhet a csapágyba, jól bevált csapágyanyagként a lágy,

esetleg kemény gumi is, osztott vagy osztatlan acélperselyben, vízkenéssel (3. ábra). A tengely ez esetben lehet edzés nélküli, de korrózióállónak kell lennie, vagy bevonattal kell rendelkeznie és felületét nagy simaságúra kell munkálni. A csap kerületi sebessége 10 m/s is lehet és célszerű a szokásosnál hosszabbra készíteni és a víz bevezetésére hosszanti bordákkal kell ellátni. A víznek nemcsak kennie kell, hanem a hűtést is végzi, így nem lehet 60°C -nál melegebb és rendszerint szivattyú szállítja a csapágyhoz. A relatív játékot viszonylag nagyra kell venni, mert a gumi üzem közben felmelegszik és kiterjed.

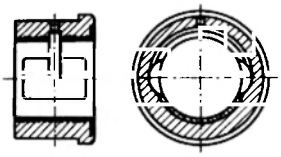


2. ábra [9]



3. ábra [8]

A rossz hővezető képesség miatt célszerű a műanyag persely vastagságát csökkenteni, vagyis vékony rétegben csapágybélésként használni. (4. ábra). A poliamid bélést igen jó siklási tulajdonsága és kopásállósága miatt acél tengelycsap esetén karbantartás nélküli, szárazon futó csapágyként is lehet használni.



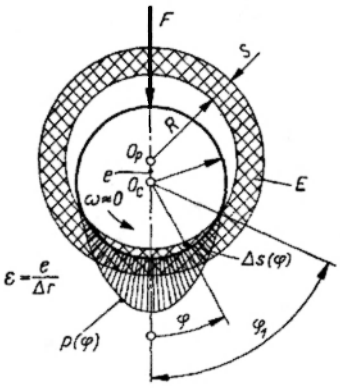
4. ábra [9]

A műszaki alkalmazásoknál sima acélfelületen való siklás közben gyakran kell a párosított elemeknek nagy érintkező nyomást kiállni. Tömör kivitelben, kis nyomószilárdságuk miatt a műanyagok ilyen terhelési viszonyokra nem jöhetnek számításba. Ugyanakkor éppen ezek az anyagok felépítésüknél fogva úgy képesek a terhelési feltételekhez alkalmazkodni, hogy a kívánt tulajdonságok széles palettáját (nagy kifáradási szilárdság, jó önkenés és korrózióállóság) a célnak megfelelően biztosítják. A műanyag ezen előnyeit súrlódási igénybevételű rendszerekhez, nagy érintkező nyomás mellett úgy lehet kihasználni, hogy igen vékony réteget állítanak elő belőlük, amit fém hordozóanyagra visznek fel (ragasztás, ráolvasztás, mártás, felszórás), hogy ezzel biztosítható legyen a szükséges nyomószilárdság és kúszási sebesség (5. ábra).

5. ábra [9]

Méretezési problémák [6][7][9]

Miután a műanyagok fizikai és mechanikai tulajdonságai a fémektől lényegesen eltérőek, a műanyag perselyek méretezésénél figyelembe kell venni a műanyag jóval nagyobb rugalmas alakváltozását, (6. ábra) továbbá kúszási hajlamát, melynek hatására csapsüllyedés következhet be, az anyagjellemzők hőmérsékletfüggését a rossz hővezetési képességből adódó melegedés és a nedvességfelvétel hatására bekövetkező méretváltozást, továbbá azt, hogy a különböző erősítő anyagokkal lehetőség van inhomogén, izotróp jellemzők elérésére is. Ezen tulajdonságok jelentős hatással vannak a csap és a persely érintkezése mentén kialakuló p(φ) nyomásfüggvényre.



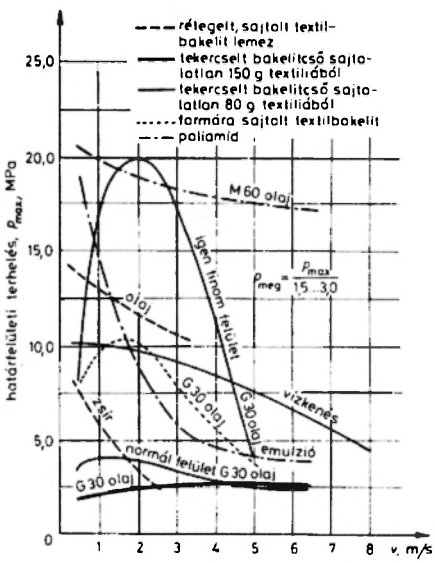
6. ábra [6]

A terhelhetőség meghatározásakor meg kell állapítani, hogy száraz, vegyes, vagy tiszta folyadéksúrlódás alakulhat-e ki a siklócsapágyban, mert mindhárom esetben más és más módszerrel lehetséges a hőmérséklet- és nyomáseloszlás, alakváltozás, kopási és súrlódási jellemzők meghatározása.

Száraz és vegyes súrlódásra általában az ún. p·v értéket adják meg, de bonyolultabb kritikus igénybevételű csapágyaknál érdemes pontosabb számításokat végezni pl. a végeselem módszer kontakt problémákra kidolgozott elméletével, mely lehetővé teszi súrlódásos esetben is a felületek alakváltozásnak, a nyomás és hőmérséklet

eloszlásának meghatározását. Hidrodinamika kenéselmélet alapján való méretezésnek vastagfalú poliamid csapágyaknál nincs létjogosultsága, ezek a csapágyak többnyire igen nagy játékkal és viszonylag nagy felületi érdességgel készülnek.

A 0,2-0,5 mm bélésvastagságú és olajkenésű műanyag csapágyak méretezésére a hidrodinamikai kenéselmélet ismert összefüggései a méretezéshez felhasználhatóak, ha a hidrodinamikai erők keletkezéséhez szükséges feltételek teljesülnek. Számolni kell viszont azzal, hogy a klasszikus hidrodinamikai elméletekkel nem lehet pontosan meghatározni a fent leírt anyagtulajdonságokkal bíró csapágyak esetén a kérdéses jellemzőket. Erre az utóbbi években kialakult elaszto-hidrodinamikus kenéselmélet segítségével kaphatnánk választ, de ezen elmélet még nem teljesen kidolgozott erre az esetre. Napjainkban még ezen a téren inkább a kísérleti eredményekre támaszkodhatunk. A 7. ábrán különböző perselyek kísérleti úton meghatározott határterhelési görbéi láthatók. A határterhelési értékeknél adódó legnagyobb felületi terhelés esetén az adott kerületi sebességen a folyadéksúrlódás megszűnik, és a persely berágódási határhelyzetbe jut.



7. ábra [9]

Tönkremenetel [1]

A műanyag csapágyak általában amiatt mennek tönkre, hogy a túl nagy felületi nyomás hatására a csapágypersely deformálódik, kúszik, alakját veszíti és emiatt meg nem engedett csapsüllyedés lép fel, vagy a súrlódó hő miatt a csapágy túlzottan felmelegszik, az anyag károsodik vagy megolvad, vagy a csapágypersely elkopik esetleg akadó csúszás (stick-slip) lép fel.

A csapágyak tönkremenetelét a siklófelületek helyes tervezésével (méretezésével) és szakszerű kialakításával el lehet kerülni.

Felhasznált irodalom

[1] Antal Miklós: Műanyagok Gépészeti Alkalmazása I-II., GTE, Bp., 1987.

[2] Friedrich Klaus: Szálerősítésű műanyagok súrlódása és kopása tribológiai igénybevétel során, Műanyag és Gumi, 1993/5., 97. o.

[3] Kazinczy László: Szerszámgépek I., Tankönyvkiadó, Bp., 1955.

[4] Kozma Mihály: Erősített műanyagok tribológiája, Műanyag és Gumi, 1994/5. 120. o.

[5] László György: Műanyag csapágyak, fogaskerekek, gördülő testek, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Bp., 1986.

[6] Szota György: Siklócsapágyak tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1974.

[7] Vadász Emil: Gépalkatrészek gyártása és javítása műanyag bevonattal, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1978.

SZÁVAI SZABOLCS okleveles gépészmérnök, doktorjelölt,
MISKOLCI EGYETEM , GÉPELEMEK TANSZÉKE, MISKOLC-EGYETEMVÁROS, H-3515, Tel/Fax: +36-46-327-643

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

KORSZERŰ AJÁNLATTERVEZÉSI FOLYAMATA SZERSZÁMGYÁRTÁSBAN

Tassi Endre

Összefoglalás

Új megrendelések szerzésének kulcskérdése az ajánlatkéréstől az ajánlat elkészítéséig terjedő folyamat minősége, vagyis az ügyfél egyedi igényeinek figyelembevétele mellett a fröccsöntőszerszám gyártó képes-e rövid idő alatt minél kisebb kockázat vállalása mellett, pontos árajánlatot illetve határidőt közölni az ügyféllel. Ennek előfeltétele az ember és a technika harmonikus együttműködése, melyet alkalmas szervezeti formák, megfelelő technikai berendezések és a feladatokhoz illesztett információs és kommunikációs rendszer támogat, illetve tesz lehetővé. A cikk röviden bemutatja a *Business Process Re-engineering* filozófiáját valamint az *ARIS* vállalati információs rendszer elemzési módszertant. A fröccsöntő szerszámgyártás ajánlatkészítési folyamatán keresztül áttekinti a vállalati folyamatok integrált számítógépes támogatásának lehetőségeit, különös tekintettel az *Engineering Data Management*-re.

A fröccsöntő szerszámgyártás

A modern informatika lehetőségei jelenleg a fröccsöntő szerszámgyártásban csak részterületeken, szigetszerűen, és túlnyomó részt a CAD/CAM eljárásláncban használatosak. Hiányoznak a gyártási és az üzleti folyamatok integrálását biztosító számítógépes eszközök

A megoldási eszköz keresésénél a fröccsöntő szerszámgyártás alábbi sajátosságait kell figyelembe venni:

- a szerszámok igen bonyolultak, akár több száz alkatrészből is állhatnak,
- jellegzetesen egyedi gyártás,
- a termék részleges (koncepcionális) definiálásakor is már nyilatkozni kell az árról illetve határidőről,
- ügyfél változtatási igényei a termelési lánc bármely szakaszában felléphetnek.

Business Process Re-engineering filozófia és az ARIS koncepciója

A *Business Process Re-engineering* a teljes vállalati folyamatok alapvető és radikális újragondolását jelenti, a költségek csökkentése, a minőség javítása, piaci reakcióképesség fejlesztése céljából (Michael Hammer, 1993). A folyamatok újratervezésénél a vevő igényeiből indul ki, és az értékteremtési lánc csak azon folyamatait hagyja életben, melyek a vevő szempontjából értéket jelentenek (non-value-added folyamatok eliminációja). A korábbi szervezeti széttöredezettséget a korábbi funkcióorientált szemlélet háttérbe szorításával a folyamatorientált szemlélet hangsúlyozásával teremti meg.

A több osztályt átfogó együttműködésnek, az erőforrásokhoz való osztályfüggetlen hozzáférésnek alapja az integrált információs rendszer. Így szüntethető meg, hogy az egyes egységek közötti interface-szek akadályozzák az anyag és információáramlást.

Az információs rendszer megtervezését meg kell előznie a válallat valamennyi folyamatának elemzése és újragondolása. Egy vállalat igen bonyolult rendszer. Elemzésénél és az információs rendszer szükséges komponenseinek és kapcsolatainak (architekúra) megtervezésénél jól használható az ARIS módszertan. Az *Architektúra Integrált Információs Rendszer (ARIS)* koncepcióját Prof. Scheer dolgozta ki a saarbrückeni egyetemen. A nagy komplexitású vállalati folyamatokat 3 különböző szemléletnek megfelelő síkokon (adat, funkció, szervezet) elemezi és modellezi először. A közöttük levő összefüggések tisztázását a vezérlési szemlélet síkja biztosítja. A meglévő folyamatok elemzése és újratervezése után következhet a szükséges számítógépes rendszer megtervezése. Az ARIS koncepciója különböző modellező eszközökkel támogatja a tervezés különböző szintjeit. Ezek a szintek az alábbiak: követelmények megfogalmazása, tervezési specifikáció, implementáció.

A fröccsöntő szerszámgyártás termelési folyamatai közül talán az ajánlatkészítési folyamat kívánja meg a legtöbb osztály (tervezés, termelésprogramozás, beszerzés, pénzügy stb.) együttműködését

.Az általam vizsgált szerszámgyártó cégnél az ajánlatkészítésből megvalósult megrendelések aránya 10%. Mivel az ajánlatkészítés így 90%-ban nem megtérülő tevékenység, igen fontos, hogy gyors és pontos ajánlattétellel (vagyis az ajánlatkészítés eredményességének emelésével) csökkentsük a nem megtérülő ráfordításokat. Ezen komplex folyamat sikerességét integrált számítógépes támogatás nagy mértékben előmozdíthatja.

Az ajánlatkészítés folyamata

Az ajánlatkészítés folyamata az ügyfél ajánlatkérésétől az ajánlati ár és határidő meghatározásáig terjedő folyamat. *Grabowski* szerint az ajánlatkészítés az alábbiak szerint definiálható: ügyfélspecifikus problémamegoldásoknak a termékforgalomra irányuló kidolgozása, melyek nem kifizetődő előzetes teljesítmények, azonban a megbízásokhoz szükségesek, és a vállalat gazdaságosságát figyelembe véve képviselhetőek.

A szerszámgyártásban az ajánlatkészítésnek az alábbi feladatai vannak:

- a szerszám műszaki tervezése illetve megoldásvázlatok készítése,
- a költségek kalkulálása és az ár megállapítása,
- a szállítási határidő megállapítása,
- jogi kondíciók meghatározása (szállítási fizetési illetve garanciafeltételek).

A pontos és gyors ajánlatkalkulációnak óriási szerepe van a vállalat eredményességének emelése szempontjából. Az ügyfél döntésének meghozatalakor több ajánlat közül választ. Ebben a döntési folyamatban az ajánlott szállítási határidőnek legtöbbször nagyobb súlya van, mint az árnak. (Például az adott divatcikk minél hamarabb kerüljön a piacra).

A műszakilag és gazdaságilag optimális szerszámkoncepciók kidolgozásánál a már létező illetve hasonló megoldások kikeresését számítógépes keresőrendszer segítheti. A megoldási koncepciónak tartalmaznia kell a szerszám működésének leírását (beömlési rendszer, kiformázás, hűtés, kidobás stb.), a szerszámmozgásokat, bontásokat, a szerszám geometriai tervét, fő szerszámanyagokat, fő technológiai előírásokat a vevő kérésének mélységéig.

A megoldási koncepció lezárása és zsűriztetése után a részfeladatok határidőinek megállapítása és a gyártási hálóterv összeállítása következik (durvaprogramozás). A részhatáridők megállapításánál statisztikai időnormák és a hasonló szerszámok tapasztalatai segíthetnek.

Az önköltség kiszámítása üzem specifikus költségfüggvények és kalkulációs algoritmusok alkalmazásával történhet. Lehetővé kell tenni, hogy a már legyártott termékek utókalkulációs adatai valamint munkatervei rendelkezésre álljanak az ajánlatkészítésnél.

Az ajánlati ár képzésénél a vállalat költségfedezeti pontjait és nyereségcélját kell figyelembe venni. A végleges árképzésnél a kapacitások terheltségi szintje, a megbízások volumene, a versenyhelyzet, a lehetséges konkurens ajánlatok és az ajánlat jelentősége (várható-e további ajánlat) játszik szerepet.

Az utolsó munkalépésben létrehozzák az ajánlattevő dokumentumokat, majd azokat az árral, a szállítási határidővel, valamint a szállítási- fizetési és garanciateljesítési feltételekkel az ajánlatkérőnek továbbítják.

Az integrált számítógépes támogatás

A fenti folyamat integrált számítógépes támogatásának eszköze az *Engineering Data Management* (EDM) lehet, mely egy új termék fejlesztésénél, módosításánál illetve a termék teljes életciklusa alatt előállított és felhasznált valamennyi adat illetve folyamat egységes, strukturált és konzisztens kezelését jelenti. Az EDM rendszerek olyan információs platformokként funkcionálnak, melyek a termékfejlesztési folyamatoknál szükséges rendszereket (pl.: CAXX alkalmazások, Office programok, NC tools-ok stb.) interfészeken keresztül egységes rendszerré kapcsolják össze. Az EDM rendszerek alkalmazásával megteremthető az integrált adathozzáférés és biztosítható az adatkonzisztencia. Az adott rendszerek adatai (pl.: darabjegyzékek, CAD rajzok, dokumentumok, projekt és munkatervek stb.) mellett, a folyamatok és azokkal kapcsolatos tevékenységeket is kezelik illetve irányítják.

Az EDM rendszernek semleges platformon általános adatkezelési funkciókat (pl.: keresési és adminisztrációs funkciók) kell megvalósítania. Az ajánlatkészítés szempontjából itt különösen nagy jelentősége van különböző hasonlósági kritériumok alapján történő kereséseknek, valamint a különböző termékvariánsok és azok darabjegyzékeinek tárolásának.

Az EDM rendszereken belüli Workflow-management funkciókkal termékenként követhető a folyamatok előrehaladása, és vizsgálhatók az azokat gátló okok. Fontos eszköz lehet az egyes folyamatok költségeinek mérésénél is. Alkalmas ügymenetkezelő rendszerekkel nemcsak egyazon folyamat intézéséhez kapcsolódó információk mozgathatók, hanem az ügyintézést automatizáló alkalmazások létrehozása, az adminisztratív folyamatok javítása, sőt időről időre való áttervezése (reengineering), esetleg megadott körülmények közötti optimalizálása is lehetséges.

Tassi Endre / doktorandusz,
E-mail: (tasi@alpha.bzlogi.hu), Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, H-3519 Miskolc-Tapolca, Iglói u. 2, Pf. 59. Tel.: + 36 46 363-622, Fax: +36 46 369-438

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

"CSIPESZ" ALAKÚ MEGFOGÓK PROBLEMATIKÁJA KIS MÉRETŰ HENGERES ALKATRÉSZEK ESETÉN

Valenta László, Szűcs László

1. Bevezetés

A mikrotechnikában alkalmazott alkatrészek igen változatosak az alak szempontjából. Az egyszerû hengeres alakzatoktól kezdve a hasáb alakon át a lapos lemezszerû alkatrészeken keresztül a mikroelektronikában használt nyomtatott áramkörökig bezárólag szinte minden változatban elõfordulnak. Az alkatrészek mérete igen kicsiny, s mivel az alakjuk igen változatos, az összeszerelés automatizálása nehéz. Három lehetséges út van. Az egyik az alakatrészek alakjának tipizálódása - úgy mint a felületszerelés technológiában történt [1]-, a második a különféle alkatrészekhez más-más megfogok alkalmazása, ami nem engedhetõ meg a magas költségterhek miatt és a harmadik út a "rugalmas" megfogok használata. Miért fontos ez a kérdés. A finommechanikai iparban a produktív órák 60%-át fordítják szerelésre. Ez több mint az alkatrészek legyártására együttesen fordított idõ. A szerelési idõ csökkentése az alkatrész vagy késztermék árának lefaragását teszi lehetõvé.

Egy speciális alkatrészt kiragadva vizsgáljuk meg az alaktrész - alak viszonyt a megfogás szempontjából. Ez az alakatrész a mikromotor tengelye, melynek átmérõje 1 mm, és hossza 10 mm. Legyen a faladat az, hogy a csipesszel megfogjuk a tengelyt, majd pedig egy függõlegesen elhelyezkedõ furatba helyezzük. Elõször azt vizsgáljuk, hogy megfogáskor milyen erõhatások érik a munkadarabot, majd azt, mekkora erõ szükséges a furatbahelyezéshez, és legvégül figyelembe vesszük a pofa alakjának kérdését.

2. Megfogás vizsgálata

A megfogáskor fellépõ erõhatások elemzésekor több esetet vizsgálunk meg abból a szempontból, hogy milyen a megfogó és az alkatrész helyzete.

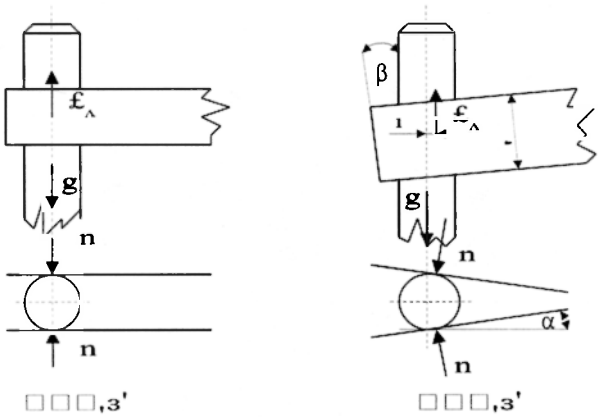
2.1. Ez az eset a számunkra legkedvezõbb, s ezzel együtt a legritkábban elõforduló is. Itt a hengeres tárgyat a csipesszel úgy fogjuk meg, hogy az összeszorítóerõ (N) merõleges legyen az érintkezõ felületekre. Az összeszoritópofák párhuzamosak, s az alkatrész tengelye és a megfogók tengelye

merõleges egymásra (1.ábra.). A csipesz és az alkatrész vonal mentén érintkezik, azonban a számítások során nyugodtan vehetjük koncentrált erõnek is a fellépõ erõket, mivel feltételezzük, hogy egyenletesen oszlik meg a terhelés a vonal mentén, s így élhetünk ezzel az egyszerûsítéssel. Alapvetõ feltétele a sikeres megfogásnak az, érintkezés mentén létrejövõ surlódási erõ nagyobb legyen, mint az alkatrész tömegébõl adódó súlyerõ.

$$F_s < G \text{ ahol } F_s = 2\mu N \text{ és } G = \frac{D^2\pi}{4} g\rho l \qquad (2.1.)$$

Rendezve az egyenletet, kiderül, hogy annál nagyobb összeszorító erõ szükséges, minél nagyobb az átmérõ, a hossz, a sûrûség és minél kisebb a surlódási együttható.

2.2. Ebben a pontban vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor a megfogópofák nem párhuzamosak egymással, hanem bizonyos szöget zárnak be. A többi feltétel megegyezik az elõzõ esetével, azaz a munkadarab függõleges helyzetben van, s a megfogópofák tengelye merõleges a munkadarab tengelyére.



Fõ kérdés itt az, hogy mekkora lehet az α szög, hogy a munkadarab helyzete stabil legyen a megfogópofák között, azaz ne "repüljön" ki a munkadarab a szorításból. Az erõkomponensek felírása után, az egyenleteket rendezve kiderül, hogy az α szög maximális értéke csak a surlódási tényezõ értékétõl függ. Acél - acél párosítás eseten a maximális érték 8 fok. Ez kritikus lehet, éppen ezért a pofákat mindíg valamilyen határozott geometriával készítik el. (bõvebben 4. fejezet)

2.3. Vizsgáljuk most meg azt az esetet, amikor a munkadarab szintén függõleges helyzetben van, a megfogópofák párhuzamosak egymással, azonban a tengelyük nem merõleges a munkadarab tengelyére. Ilyenkor a sulyerõ és a két surlódóerõ egy függõleges síkban helyezkedik el, így nyomaték nem keletkezik, ami kifordítaná a függõleges helyzetébõl a munkadarabot, tehát azt lehet mondani, hogy ez az eset nem különbözik a 2.1. pontban elemzett megfogástól.

2.4. Térjünk át arra az esetre, amikor a munkadarab nem függõleges helyzetben van, ill. a megfogópofák és a munkadarab között β szögeltérés van (2. ábra) . Ebben az esetben, ha nem elég nagy az összeszorító erõ, akkor a munkadarab bebillenhet függõleges helyzetbe, azaz a megfogás nem lesz

stabil. Határozzuk meg a kritikus szög nagyságát. A G súlyerõ a k karon fejt ki nyomatékot a két érintkezési "pontot" összekötõ egyenesre. Ezzel a nyomatékkal kell egyensúlyt tartania az érintkezésnél fellépõ surlódási nyomatéknak. A vonalmenti érintkezés miatt az összeszorítóerõt, és a surlódóerõt is ábrázoljuk az érintkezési egyenes mentén. [2] Ezzel a végképlet β-ra rendezve

$$\beta < \frac{\arcsin\left(\frac{b}{2l_1}\right)}{2} \quad \text{ahol} \quad l_1 = \frac{k}{\sin\beta} \tag{2.2}$$

Ha a 2.1-es pontban meghatározott minimálisan szükséges N értékeket behelyettesítjük, megkaphatjuk a fenti kifejezés értékeit. A függvény minimumértéke 8-10 fokra esik.

3. A furatbahelyezés vizsgálata

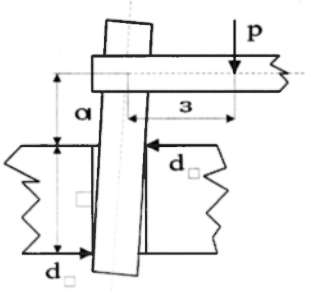
Ebben a részben azt vizsgáljuk meg, hogy mekkora erõ szükséges ahhoz, hogy a munkadarab a furatba helyezés során ne akadjon meg, ill. mekkora legyen a szorítóerõ, hogy a furatba helyezés során a megfogó ne forduljon el a munkadarabon.

3.1. Ha a tengelyt a furatban elõtoló P erõ tengelyirányú, akkor a surlódó megakadás természetesen nem jön létre. A valóságban azonban ez az eset nem fordul elõ

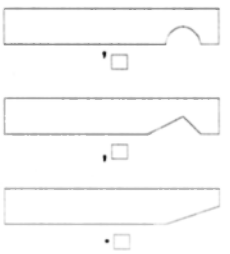
3.2. A következõ lehetõség az, amikor a P erõ a tengellyel párhuzamosan, de tõle r távolságban támad. (3. ábra) Ekkor a P erõ olyan forgatónyomatékot létesít, amelynek hatására a munkadarab ferdén fekszik fel a játéktól függõen. Ennek következtében a D1 és a D2 reakcióerõk az l hosszúságú vezetõfelület végein a 3. Ábrán jelzett irányban támadnak.

$$\mu\left(D_1 + D_2\right) = \mu 2P\frac{r}{l} \tag{3.1}$$

Ez a surlódóerõ a P erõ ellenében hat, és ha nem kisebb nála, a tengely megakad. A mûködés feltételét figyelembe véve kiderül, hogy az akadás csak a surlódástól és a geometriei méretektõl függ.



3.ábra



4.ábra

A P erõ nagysága abból a szempontból nem közömbös, hogy ha túl nagy ez az erõ, akkor elõfordulhat, hogy a megfogópofa elfordul a munkadarabon. Az elfordulás megakadályozásához az érintkezésnél kialakuló surlódási nyomatéknak nagyobbnak kell lenni a P erõ által kifejtett nyomatéknál.

$$P < \mu N \frac{b}{2} \tag{3.2.}$$

3.3. Ha a P erõ α szöget zár be a tengellyel, akkor a P erõt fel kell bontani tengelyirányú és a tengelyre merõleges összetevõkre. A megakadást a tengelyre merõleges összetevõ okozza. Ha a henger d átmérõje a h távolsághoz képest kicsi, feltételezhetjük, hogy a Pcosα hosszanti tolóerõ a surlódóerõk összege ellenében hat. Megakadás addig nem következik be, amíg:

$$P\cos\alpha > \frac{P\sin\alpha(2h+1)}{l} \tag{3.3.}$$

4. A pofák alakjának hatása

A pofák három alakját kell figyelembe venni egyszerûsített modellként. A félkörbevágásút 4/a ábra, a V bevágásút 4/b ábra és a plane finger vagy sík ujj 4/c ábra. [3] Gyakorlatban a kialakított forma a nem pontos pozícionálás hatására a munkadarabot pontos helyzetbe képes hozni, de mivel egy átlagos méretre készültek, ezért a pozícióból el is mozdíthatják a munkadarabot.

Szakirodalom:

Dr. Ripka Gábor : Felületi szereléstechnológia,

Imre József Tamás : Alak felület és megfogás kapcsolata / Nyári gyakorlati munka

D.T.Pham and W.B.Heginbotham : Robot grippers

Valenta László, doktorandusz,

BME Finommechanikai, Optikai Tanszék 1111 Budapest, Egri J. u. 1. III. em. 1.

Tel: (36-1) 463-2088, Fax: (36-1) 463-3787, E-mail:valenta@fot.bme.hu

Szűcs László, doktorandusz

Knorr-Bremse Hungária Kft. 1201 Budapest, Helsinki út. 86

Tel:(36-1) 4211-115, Fax: (36-1)4211-192, E-mail:szuecs@kbu.mhs.compuserve.com

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

KÍSÉRLETTERVEZÉSI MÓDSZER KÖRNYEZETBARÁT MEGMUNKÁLÁS ESETÉN

Dr. Varga Gyula

Összefoglalás

A Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszéke 1994 ÷ 1996 időtartamban részt vett az Európai Közösség által finanszírozott „Környezetbarát megmunkálástechnikák - a hűtő - kenő anyag csökkentése illetve megszüntetése fúrásnál" című Projekt kidolgozásában. A projekt célja a megmunkálások (fúrások) vizsgálata minimális hűtő - kenő anyag felhasználása esetén, illetve hűtő - kenő anyagmentes megmunkáláskor. A Tanszék vizsgálta a belső hütőcsatornával rendelkező fúrókkal történő megmunkálást az öntöttvas esetén. A tevékenység összegzése 5db Részjelentésben, és egy Zárójelentésben található [1], [2].

Cél a **Faktoriális Kísérlettervezés** felhasználásával annak bemutatása, hogy számos jellemző mint például a forgácsolási sebesség, előtolás, hűtő - kenő anyag térfogatárama és a fúró bevonata hogyan befolyásolja a fúráskor fellépő axiális forgácsolóerő, nyomaték, fúró hátkopás, sarokkopás, R_a,R_z,értékek, stb. nagyságát. Mindezekre empirikus összefüggéseket határoztunk meg. Ezek közül néhány az [1], [2], [3] és [4] irodalomban található meg.

1. A kísérlettervezési módszerek alkalmazása

Mind a termék tervezésekor, mind a technológiai folyamatok, gyártási eljárások optimálásakor, a költségmegtakarítás érdekében, a következő módszerek alkalmazhatók:

-teljes faktoriális kísérletterv [5], [6], -részleges faktoriális kísérletterv [5], -genetikus algoritmus [7].

Mindegyik módszernek meg van az előnye, ill. hátránya. Egy módszer kiválasztása után a problémaanalízisre irányítjuk figyelmünket, meghatározva az összes paramétert, mely a problémamegoldás szempontjából jelentős. A leggyakoribb esetben a problémaanalízis rendszeres vizsgálata az ok - hatás diagram vagy a hibafa elemzés alapján volt meghatározható.

A kísérlettervezés első célja szétválasztani a jelentősen befolyásoló tényezőket a kevésbé fontosaktól, a további célja pedig a jelentőséggel bíró paraméterek optimális beállítási értékének meghatározása.

A különböző kísérlettervek, ezen belül **a teljes és a részleges faktoriális kísérlettervek kiválóan felhasználhatók az empirikus függvények meghatározására illetve optimum keresésére.**

A kísérleti eredmények grafikusan vagy numerikusan kiértékeletők. Napjainkban rendelkezésre állnak olyan számítógépi programok, melyek a teljes kiértékelést és az eredmények különböző módon való bemutatását lehetővé teszik. A jelenség végeredményét befolyásoló paraméterek fontos paraméterek optimális szintjeit a kísérletek kiértékelésekor határozzuk meg. végül a végeredményt statisztikai mutatók segítségével ellenőrizzük.

2. Technológiai kísérletek

A faktoriális kísérlettervezés az aktív (gazdaságos) kísérletek megtervezését teszi lehetővé. **Alkalmazásával több száz nagyon költséges forgácsolási kísérlet megtakarítható**, ellentétben a hagyományos, passzív kísérlettervezéssel, s a kiértékelése is hatékonyabb. A módszer alkalmazásának lépései, pontos közlése nélkül bemutatok néhány képletet, a kísérleti beállítások és kísérleti eredmények felhasználásával. Most az axiális forgácsoló erő értékére részletezem a képleteket, de természetesen alkothatók ilyen formulák, többi vizsgált paraméterértékre is.

2.1. Az axiális fúróerő összefüggéseinek meghatározása

Feltételezzük, hogy a fúróerő axiális komponense a következő paraméterektől/faktoroktól függ:

forgácsolási sebesség	v_c, m/min	előtolás	f, mm/ford
hűtő-kenő anyag mennyiség	$\dot{V}_{olaj}$, cm^3/h	fúró bevonat	TiAlN MoS_2

Az első három paraméter (faktor) felhasználásával különböző formulák eredményeződnek a különböző bevonatokra melynek feltételezett általános képlete:

$$F_f = C_{F_f} \cdot v_c^{\alpha_{F_f}} \cdot f^{\beta_{F_f}} \cdot \dot{V}_{ol}^{\gamma_{F_f}}, \text{ kN}$$

Cél a C_{F_f} konstans és a kitevők meghatározása a kísérletterv alapján végzett kísérletek segítségével. segítségével.

Az 1. Táblázat a különböző faktorok/paraméterek (mint például forgácsolási sebesség, előtolás, stb.) beállítási értékeit tartalmazza. Az 1. Táblázatban található értékek beállításai után a kísérleteket elvégeztük. A **Faktoriális Kísérlet Tervezés** és a matematikai statisztika felhasználásával a különböző képletek meghatározásra kerültek. A különböző bevonatok esetén különböző képletek adódnak. Mindkét bevonat esetén két képletet határoztunk meg. Az egyik az új fúróra érvényes (a megmunkálás kezdetén), míg a másik 15 m fúrási hossz megtétele után.

1. Táblázat

Kísérleti beállítások száma		Faktorok (paraméterek)		
Bevonat		Forgácsoló-sebesség v_c, m/min	Előtolás f, mm/ford.	Hűtő - kenő anyag mennyiség V_{Olaj}, cm^3/h
TiAlN	MoS_2			
T1	M1	80	0.2	0.0001
T2	M2	120	0.2	0.0001
T3	M3	80	0.315	0.0001
T4	M4	120	0.315	0.0001
T5	M5	80	0.2	10
T6	M6	120	0.2	10
T7	M7	80	0.315	10
T8	M8	120	0.315	10

2.2. A mérési eredmények kiértékelése

A MoS_2 bevonatú fúrókra az axiális fúróerő komponens képlete a következő, kN - ban:

- a fúrás kezdetekor: - 15 m fúrási hossz után:

$$F_f = \frac{15{,}574\, f^{(0{,}779+0{,}0453\cdot \ln V_{Olaj})} \cdot \dot{V}_{Olaj}^{\,0{,}062}}{v_c^{\,0{,}1455}}, (1) \qquad F_f = \frac{8{,}6219 \cdot f^{0{,}4716}}{v_c^{\,0{,}0617} \cdot \dot{V}_{Olaj}^{\,0{,}0123}}, \qquad (2)$$

A TiAlN bevonatú fúrók alkalmazásakor az axiális fúróerő komponens képletei, kN - ban:

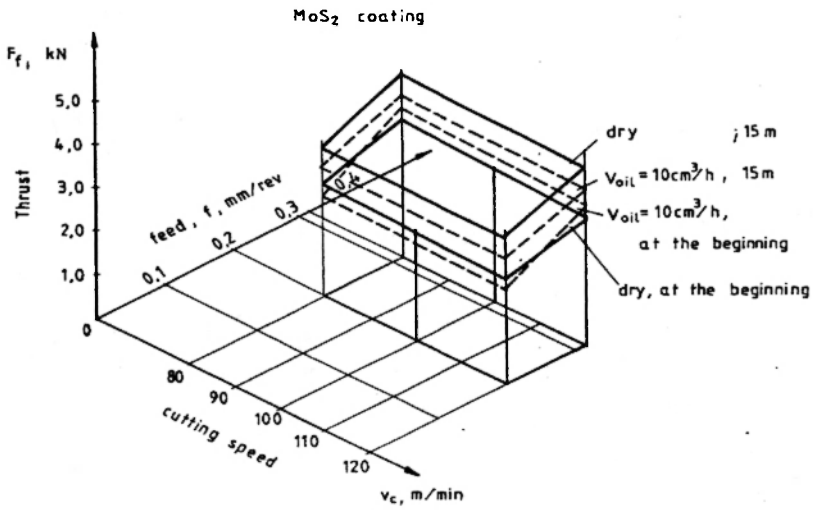
- a fúrás kezdetekor: - 15 m fúrási hossz után:

$$F_f = \frac{6{,}1682 \cdot v_c^{\,0{,}066} \cdot f^{0{,}8199}}{\dot{V}_{Olaj}^{\,(-0{,}2453+0{,}0537\cdot \ln v_c)}} \quad (3) \qquad F_f = \frac{10{,}0031 \cdot v_c^{\,0{,}0864} \cdot f^{1{,}1052}}{\dot{V}_{Olaj}^{\,(-0{,}2829+0{,}062\cdot \ln v_c)}} \quad (4)$$

Az (1), (2), (3) és (4) képletek a 1. Táblázatban megadott értéktartományokra érvényesek. Az (1) és (2) képletek viszonylagos egyszerű szemléltetése az 1. ábrán látszik. Az 1. ábra szemléletesen bemutatja, hogy a különböző esetekben hogyan növekszik az axiális forgácsolóerő komponens értéke.

3. Következtetés

A Faktoriális Kísérlettervezés a bonyolult tecnológiai folyamatok vizsgálatának aktív, hatékony, gazdaságos módszere. Alkalmazásával különböző jellemzők empírikus képletei meghatározhatók. A matemetikai statisztikát is felhasználó kiértékelés eredményeinek korszerű ábrázolásából megfontolt következtetések vonhatók le a folyamat optimálására. A módszer széleskörben alkalmazható másjellegű kísérleteknél is.



1. ábra

Felhasznált irodalom:

[1] I. Dudas - Gy. Varga - T. Csermely - I. Tolvaj, 1995, 1996, Experimentelle Untersuchung des Bohrprozess Programm STD - 2EC. Titel des Projektes: „Umweltgerechte Zerspanungstechnik - Reduzierung und Ersatz von Fertigungshilfsstoffen beim Bohren", Universität Miskolc, Lehrstuhl für Maschinenbautechnologie, 4. Bericht. pp.:27., 5.-6. Bericht. pp.:58.

[1] I. Dudas - Gy. Varga, 1997, Experimentelle Untersuchung des Bohrprozess Programm STD - 2EC. Titel des Projektes: „Umweltgerechte Zerspanungstechnik - Reduzierung und Ersatz von Fertigungshilfsstoffen beim Bohren", Universitat Miskolc, Lehrstuhl für Maschinenbautechnologie, 7. Bericht. pp.: 9.

[3] I. Dudas, 1996, Umweltfreundliche Bohrtechnologien, Proceedings of the IXth International Conference on Tools, Universität Miskolc, Ungarn, Sept. 3-6. pp.: 509 - 522

[4] G. Varga, 1996, Environment Friend Drilling - Experiments by the Use of Factorial Experiment Design Method, Proceedings of the IXth International Conference on Tools, University of Miskolc, Sept. 3-6. pp.: 567 - 575.

[5] G. Taguchi, 1987, System of Experimental Design, Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs, UNIPUB, KRAUS INTERNATIONAL PUBLICATIONS, White Plains, New York.

[6] Dr. Fridrik L., 1989, Válogatott fejezetek a gépgyártástechnológiai kísérletek tervezése témaköréből, Tankönyvkiadó, Budapest.

[7] D. E. Goldberg, 1989, 'Genetic Algorithm', Addision-Wesley, Reading MA

Dr. VARGA Gyula, Ph. D., egyetemi adjunktus

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, H-3515, MISKOLC-Egyetemváros, MAGYARORSZÁG, 00 - 36 - 46 - 365 111 / 15 21 Fax.: 00 - 36 - 46 - 364 941

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

BESZÉDFELISMERÉS NEURONHÁLÓZATTAL

Buzogány Endre

Bevezetés

A Mesterséges Intelligencia kutatások egyik, jelentôsen fejlődő területe az emberi agy magasabb szintű műveleteinek megvalósítása számítógéppel. Ilyen például képek felismerése vagy a beszédfelismerés és szintézis.

Az első digitális számítógépekkel építésekor már felvetődött a kérdés: mikor lesz képes arra, hogy az emberi teljesítményeket elérje? A mai számítógépek processzor-sebessége ugyan nagyságrendekkel túlszárnyalja az emberi agy neuronjainak működési sebességét, már ami az elemi műveletek végrehajtási sebességét illeti, mégis egyes estekben teljesítményeik messze elmaradnak.

Természetes dolog, hogy a mai számítógép- és programtervezők felhasználják a biológiai modellt annak érdekében, hogy az alkalmazások teljesítménye minél jobb legyen. Az emberi neuron felépítéséből kiindulva olyan mesterséges neuron-modellt hozunk létre, melynek egyes tulajdonságai hasonlítanak az emberi neuronra: tanulási képesség, zaj- és hibatűrés. A mesterséges neuronhálók (a továbbiakban MNH) jelentős alkalmazási területe az emberi beszéd felismerése. A dolgozat első részében a feldolgozás azon paramétereit mutatjuk be, amelyek a beszédelemzésben szerepet játszanak, a második rész pedig egy felismerő rendszer felépítését mutatja be.

A beszédhangok ábrázolása

Az ábrázolás fogalma a kommunikációs kutatások egyik alapvető problémája, mert minden esetben felmerül az ilyen típusú problémáknál. Megkülönböztetünk analóg és digitális ábrázolást. A számítógépes feldolgozás, tárolás, beszédszintézis esetén a digitális formában dolgozzuk fel. Az emberi hang felfogható úgy, mit egy valós, véges s(t) jel, melynek energiája véges, és nem stacionárius. A szerkezete komplex, és időben változik: egyes esetekben periodikus (pontosabban kváziperiodikus), más esetekben véletlenszerűen változhat.

A feldolgozás célja az, hogy a lényeges összetevők megmaradása mellett, minél hatékonyabb formát kapjunk. Alapvetően két fajta feldolgozási módot különböztetünk meg: amplitúdó szerinti és frekvencia

szerinti feldolgozást. Az elsô csoportba tartozik a maximális amplitúdó vizsgálata, a null-átmenetek száma, a hang energiája. Ezek viszonylag kis számításigényűek, és általában a beszédegységek (fonémák, szavak) elkülönítésére használják.

A frekvencia doméniumban a leggyakrabban *a Diszkrét Fourier Transzformáltat* (DFT) használják. Ez megadja a jel összetevôit a frekvencia függvényében. Ha az intervallumot felosztjuk részintervallumokra, majd ezekre alkalmazzuk a transzformációt, megkapjuk a hangjelenség spektrogramját, mely az összetevő komponensek amplitúdóját mutatja a frekvencia függvényében.

A Fourier transzformált egy módszert ad arra, hogy az adott jel összetevôit meghatározzuk. Egy kiejtett szó átlagos hossza 0,3 és 0,5 másodperc között van.ezért 30 intervallumra osztottuk a jelet. Minden ilyen komponensre 26 frekvencia összetevôt vettünk figyelembe. Tehát a transzformációval egy jelbôl 780 komponensű valós vektort kaptunk, mely alkalmas a felismerés céljára.

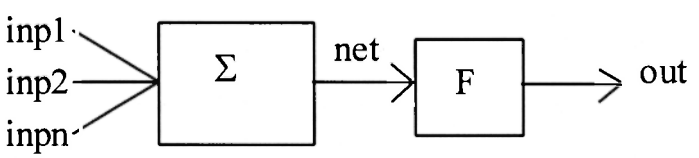
Ekkor csak az a probléma merül fel, hogy az intervallum végpontjain a jelfüggvény szakadása miatt irreális frekvenciák is megjelennek a spektrumban. Ennek kiküszöbölésére a vizsgált jelet egy ablakfüggvénnyel megszorozzuk, majd az így kapott függvényt transzformáljuk. Az alkalmazás által használt ablakfüggvény a Hamming-ablak, melynek alakja:

$$h(n) = \begin{cases} 0{,}54 - 0{,}46 * \cos\frac{2\pi i}{N}, & \text{ha } 0 \le i \le N \\ 0, & \text{ellenkezô esetben} \end{cases}$$

ahol N a minták száma az adott intervallumon.

Felismerés neuronhálózattal

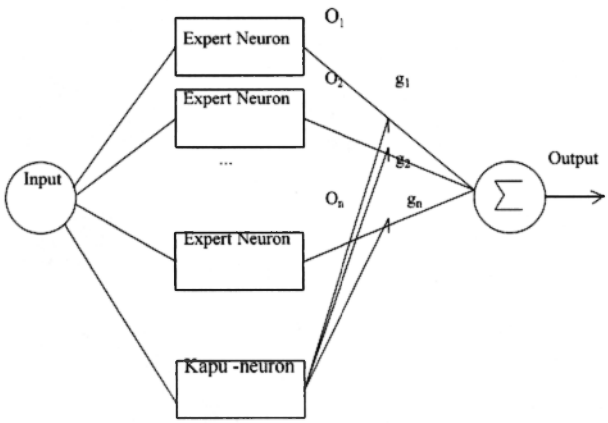
Az emberi neuron mintájára egy *mesterséges neuron* modellt dolgoztak ki. Ez bizonyos számú bemeneti egységbôl, egy feldolgozó egységbôl és egy kimenetbôl áll (1.ábra)



1.ábra A mesterséges neuron

Az elemi neuronokat rétegekbe szervezzük, és ezt a rendszert nevezzük *neuronhálózat*nak. A neuronhálót tanítani kell. Erre a célra tanulópárnak nevezett kettősöket állítunk össze, mely a jelből és a

várt kimenetből áll. A felismerés céljára egy neuronháló- rendszert alkalmaztunk. Ez n darab elemi hálózatból áll, melyet egy kapunak nevezett hálózat irányít (2.ábra)



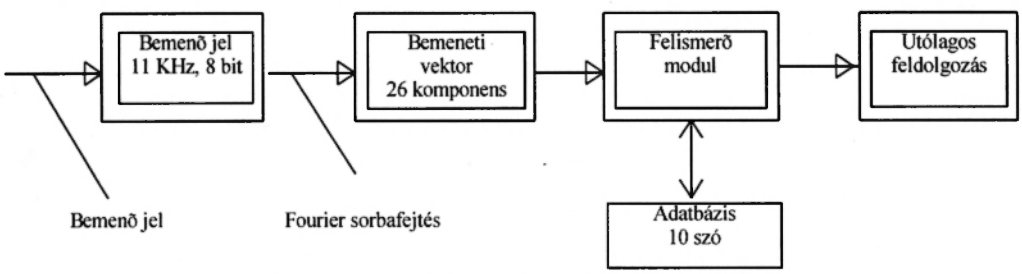
2.ábra. Moduláris neuronhálózat

Egy bemenô adatra minden elemi hálózat meghatározza a kimenetet, majd a kapu eldönti, hogy az n hálózat esetén melyiknek milyen része van a rendszer összkimenetének meghatározásánál.

A rendszer összkimenetét az $Y = \sum g_i O_i$ képlet adja, ahol O_i az i-edik expert kimenete, gi pedig az i-edik hálózat eredményének súlyértéke: $g_i = \frac{e^{x_i}}{\sum_j e^{x_j}}$, ahol Xi a rendszer súlyozott kimenetei. A g_i kapu-értékekre érvényes a következő képlet: $\sum_i g_i = 1$. Ebben az esetben a g_i értéket úgy is felfoghatjuk, mint az i-edik neuron kiválasztásának valószínűségét.

A felismerő alkalmazás felépítése

Az alkalmazott neuronhálók egy rejtett réteget tartalmazó, feedforward hálózatok. A kapu-hálózat Kohonen típusú önszervezô háló. A tanuló és tesztadatok a számokat tartalmazzák 0-tól 9-ig. Az alkalmazás szerkezetét a 3. ábra mutatja.:



3.ábra Hangfelismerő rendszer felépítése

Mivel a cél egy beszélôtôl független rendszer létrehozása volt, ezért az adatokat több személytől gyűjtöttük : 10 szó x 8 beszélô x 16 kiejtés. Egy másik teszteléskor egy adott beszélôvel 10 szó x 40 kiejtést vettünk. Ekkor csak egyetlen neuronháló végezte a felismerést

A *tanuló és tesztadatokat* a következő algoritmussal választottuk ki. Adott az A halmaz, mely k adatot tartalmaz. Osszuk ezt két részre: n tanuló és n-k tesztadatokra. Ezen halmazokkal tanítsuk a rendszert, amíg az összhibája egy lokális minimumot ér el. Ekkor vegyük az A egy másik (k, n-k) felosztását addig, amíg a, amíg a rendszer hibája egy bizonyos küszöb alá nem csökken, vagy a lépések száma meghalad egy felsô korlátot.

Megjegyzések

Az elért eredmények biztatóak, a 90 százalék fölötti teljesítmények nagyon jók, mert az adatok nagyon tág határok között változhatnak. A jobb teljesítmény szükséges feltétele a megfelelő számú, gondosan összeválogatott tanító és tesztadat. Távlati célként egy olyan rendszer létrehozását tűztük ki célul, amely képes nagy adatbázisok kezelésére is, ezenkívül lehetővé teszi a fonémák felismerését is. Így lehetőség nyílik arra, hogy folytonos beszédet is fel lehessen ismerni, valós időben.

Irodalomjegyzék

[1] Li Min Fu, Neural Networks In Computer Intelligence , McGraw-Hill,1991, 197-222

[2] G. Toderean et al. Retele Neuronale Artificiale, Microinformatica, Kolozsvár 1995

[3] Timothy Masters, Signal and Image Processing with Neural Networks, John Wiley,NY, 1994

Buzogány Endre, IV.éves informatikus hallgató

Babes-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, str Hasdeu 90/96E-mail: be6573@scs.ubbcluj.ro

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A SZOFTVERFEJLESZTÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA

Biró Zsolt

Összefoglalás

Napjainkban a minőségbiztosítás már nem képzelhető el számítógép alkalmazása nélkül. A számítógépes minőségbiztosító szoftverek minősége, megbízhatósága döntő fontosságú a minőségbiztosítás kivitelezése szempontjából. A minőségbiztosító szoftverek fejlesztése, tökéletesítése, értékelése ezért egy állandóan jelentkező feladat. A cikk átfogó képet kíván adni a szoftverfejlesztés történetéről. Az első fejezet a szoftverfejlesztés nemzetközi alakulását mutatja be a II. világháborútól napjainkig, jellmezve az egyes fejlődési fázisokat. A második fejezet a magyarországi programok fejlesztésének útját vázolja, hogyan, miképpen változott a fejlődés fő irányvonala.

1. Szoftverfejlesztés a világban

A mai modern minőségbiztosítás már elképzelhetetlen számítógépes szofverek használata nélkül. Az információmennyiség felhalmozódásának eredményeképpen a számítógépes szoftverek alkalmazása szükségszerűvé vált. A számítógépes minőségbiztosítás hatékonyságát természetesen a szoftverek megfelelő minősége biztosíthatja. A szoftverek minőségének ellenőrzésére számos, egyre alaposabb, precízebb módszert dolgoztak ki.

A II. Világháború után az első számítógépek megalkotása idején még kézi módszereket alkalmaztak. A programok tesztelése úgy zajlott, hogy különböző paraméterekkel, peremfeltételekkel lefuttatták őket, majd megvizsgálták, hogy az azonos induló adatokkal kézzel kiszámított értékek megfelelnek-e a szoftvertől kapott eredményeknek. Az akkori rövid programoknál ez még kivitelezhető út volt. A szoftverek mérete azonban egyre növekedett, bonyolultabb lett és világossá vált, hogy a kézi ellenőrzés

helyébe újabb módszereket kell léptetni. Az is körvonalazódott, hogy a programozó által véletlenszerűen beépített hibákat csak a programfejlesztési módszerek javításával lehet megoldani, elkerülni.

A következő, már tudatosnak nevezhető lépés a szoftver minőségbiztosítása felé a programok moduláris felépítése volt. A moduláris felépítés célja az volt, hogy a modulokat külön-külön tesztelve véghezvihető legyen az ellenőrzés. Ebben az időben alapkérdésként az vetődött fel, vajon a program funkcionálisan megfelel-e a feladatainak.

Ebben az időben a program-, majd modulvizsgálat által statisztikusan kísérelték megállapítani, hogy az illető program, vagy modul mennyire hibás. Az mindinkább világossá vált: teljes hibátlanságot még a legkisebb méretű program esetén sem lehet elvileg megkövetelni, mindössze nagy valószínűségű hibátlanságot. Ezután viszont kezdtek megjelenni azok az eszközök, amelyekkel a programokat, illetve a modulellenőrzést automatizálni lehetett. A 70-es évekre pedig már megjelentek olyan elméleti alapvetések, amelyek korrekt, esetleg matematikai módszerekkel a programhelyesség bizonyítását tették lehetővé.

A későbbiek során a feladatok bonyolódása, a számítógépek teljesítményének növekedése szükségessé tette a programrendszerek kialakulását. Időközben már nagyméretű, több száz, vagy akár ezer programból álló rendszerek helyességét volt szükséges ellenőrizni. Ekkor még csak azt vizsgálták, a programrendszerek mennyire felelnek meg az előzőleg elkészített dokumentációnak, amelyek a programrendszerek leírására szolgáltak.

A minőségbiztosításnak új módszerei, eszközei váltak szükségszerűvé. Kialakultak olyan módszertanok, amelyek a tesztelésen túlmenően a szoftverfejlesztés egészére vonatkozóan bizonyos előírásokat, útmutatásokat tartalmaztak. Így kezdtek kialakulni az úgynevezett „ kézrendszerek ", amelyek már többek egy automatikus tesztelési eszköznél, ezek olyan összefüggő hardver-szoftver támogatást tartalmaztak, hogy így már a bonyolult programrendszereknek is lehetségessé vált a tesztelése.

Kialakult a programrendszerek helyességének ellenőrzésének új módszere is, miszerint már a szoftverek elkészítését úgy kell elvégezni, hogy az utólagos tesztjük illetve minőségbiztosításuk könnyebbé váljék. Megvalósultak olyan dokumentációs eszközök, amelyek segítségével magából a dokumentációból részben vagy teljesen automatikusan, kevés hibalehetőségnek kitéve valósítható meg a programozás. Természetesen a hibátlan programhoz hibátlan dokumentáció szükségeltetik.

Új technikákat fejlesztettek ki, mint például a rendszerelemzés, ami tulajdonképpen felhasználói minősítés, vagyis a megvalósítandó információs rendszer összefüggéseinek, adatainak, folyamatainak elemzése. Ennek a jelentősége abban rejlik, hogy nem a programrendszer alkotója állapítja meg rendszere hibátlanságát, hanem a közvéleményre kíváncsiak, vagyis a rendszer milyen mértékben felel

meg a vele szemben támasztott követelményrendszernek. A vizsgálat túlmenően a hibakeresésen, más dolgokra, például a felhasználhatóságra, kezelhetőségre, könnyen megérthetőségre vonatkozik.

A jelenlegi állomás a TQM - Total Quality Management is idevonatkozik. A TQM lényege az , hogy a fejlesztési procedúrát, szoftvert, hardvert, dokumentumot olyan módon kell felépíteni, hogy az teljes mértékben minősítse a követelményeknek való megfelelést.

A fejlődés következő fázisa a beépített intelligencia fázisa, amikor a hardverek nem pusztán egy programrendszert jelentenek, hanem egyre jobban beintegrálódnak az elektronikába és a műszerek, eszközök szerves részévé válnak. Ezek tesztelése egyre bonyolultabb és megköveteli a TQM technikát.

2. Szoftverfejlesztés Magyarországon

A magyarországi szoftverfejlődés két nagy szakaszra bontható. A két szakasz határa az 1990-es évre tehető. Az első időszak a szoftverek fejlesztése és minősítése szempontjából egy autark, zárt világ volt. A felhasználók számára nem vetődött fel a minőségvizsgálat problémája. A gyártók, készítők, fejlesztők részéről felmerülő elméleti problémák voltak a jellemzőek - a gyakorlati élet hiánya miatt. A második időszakban megjelennek a felhasználói igények. A szoftverek fejlesztésére a kutatás nemzetközi volta miatt a külföldi eredmények átvétele a jellemző. A szoftverfejlesztés főbb állomásai a következőek voltak:

- 1972-73 - az automatizált programtesztelés , tesztadat-generátorok , tesztágyak , a megírt modulokat gépre lehet próbálni
- 1975 - a programok qualitását mérő mérőszámok (statikus és dinamikus) , a programfejlesztés lépéseinek automatizálása
- 1976 - a definíciós módszer ötvözése a matematikai helyesség bizonyításának lépéseivel , elméletileg korrekt programok létrehozása
- 1979 - metrikák , amelyek alkalmasak a program helyességének , minőségének leírására (milyen a szoftver a szoftverfejlesztő szempontjából)
- 1984 - módszertani anyag a programok helyességének ellenőrzéséhez
- 1985 - Kiváló Áruk Fóruma - szoftvervizsgálat minősítési struktúrával
- 1992 - Az ISO 9000 szabvány alkalmazása a szoftverfejlesztésben. A minőségfejlesztés síkjai az 1.ábrán láthatók.

A minőségfejlesztés síkjai :

- a vezetőség részvétele
- szerződés
- tervezés
- dokumentálás
- szoftvergyártás és szállítás
- vevőszolgálat
- statisztikai módszerek

1.ábra

Egyik fő kutatási területem az ISO 9000 szabvány alkalmazása a szoftverfejlesztésben. Az ISO 9004 elsősorban belső, az ISO 9001, az ISO 9002 és ISO 9003 pedig külső minőségbiztosítási célokra használható.Az ISO 9000-3 szabvány olyan irányelveket fektet le, hogy megkönnyítse az ISO 9001 szabvány alkalmazását a szoftverfejlesztést, -gyártást és -karbantartást végző intézmények számára, elsősorban célszoftver fejlesztésének esetére.Az ISO 9004 azokat az alapelveket ismerteti, amelyek szerint a céget a belső minőségbiztosítás létrehozása előtt alkalmassá kell tenni a minőségbiztosítási rendszer fogadására.

- 1993 Euromethod módszerek informatikai beruházásokra, programok beszerzésére

Az leszögezhető, hogy a szoftverfejlesztés kérdése már egészen más metodikával vetődik fel a 90-es években. A kulcsszó az adaptálás, nemzetközi értékítélet alapján kell rendszereinket fejlesztenünk.

Biró Zsolt, doktorandusz hallgató; témavezető: Dr. Dudás Illés tsz.vez. egy.tanár, a műsz. tud. doktora
Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc-Egyetemváros, Gépgyártástechnológiai Tanszék
Tel.: 0036 -(46)-365-111 / Fax: 0036 - (46)-364-941

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Tendenciák a mesterséges neuron hálók kutatása terén

Szerző: Ferenczi László

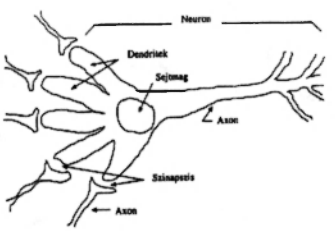
Összefoglalás

Ezen dolgozat összefoglalót kíván képezni a mesterséges neuronhálók terén az utóbbi években elért eredményekből. A tudományos élet több területen alkalmazást nyertek a mesterséges intelligenciát alkalmazó módszerek. A szakértő rendszerek mellett ez az a terület ami gyakorlati használhatóságát legjobban bebizonyította.

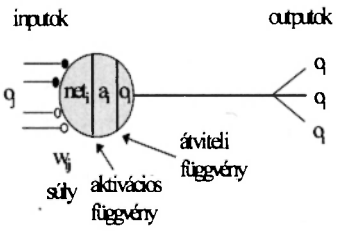
A neuronhálók működésében fontos szerepet játszanak olyan speciális tulajdonságok mint az öntanulás, asszociáció. Dolgozatom első részében az előrecsatolt hálók műszaki alkalmazás szempontjából lényegesebb típusait ismertetem, majd a versengő hálók egy szűkebb csoportjára fogok kitérni. Befejezésül néhány az utóbbi években elért eredmény műszaki területen való alkalmazhatóságát fogom megvizsgálni. Ezzel egy összefoglaló képet szeretnék adni a neuronhálók főbb típusainak alkalmazási lehetőségeiről.

Biológiai alapok

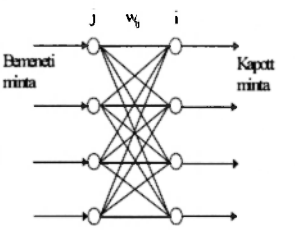
A legtöbb hálótípusban a neuronmodell hasonló a biológiai neuronhoz. Az emberi agy egy komplex biológiai neurális hálózat, amely idegsejtek, neuronok sokaságát tartalmazza. Az idegi működés a félvezetők kapcsolási sebességéhez képest lassú, de a fejlett párhuzamos működés miatt nagy teljesítményű. A tanulás nem más, mint a neuronok közötti súlyok beállítása. A tanulás lehet felügyelt vagy felügyelet nélküli. (önszerveződő)



1.ábra
Egy idegsejt



2.ábra
Mesterséges neuron



3.ábra
Kétrétegű perceptron

Mesterséges neuron és a pereeptron

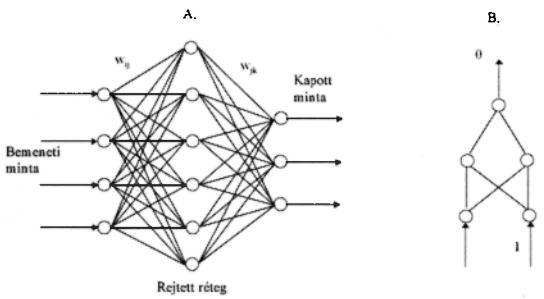
A mesterséges neuron volt az első mesterséges idegsejt modell, számítógép nélküli megvalósításban. Jelentősége mégis nagy mivel a később kifejlesztett modellek alapjául szolgált. Erre a kezdetleges modellre építve készült el a két rétegű perceptron, amely az elemi mesterséges neuronokat két egymással kapcsolatban lévő rétegbe rendezi. Az első réteg a bemeneti a második a kimeneti réteg szerepét tölti be. Az elemi neuronok a küszöb átviteli függvényt használják. A tanítás során a súlyokat úgy kell

változtatni, hogy az egymással kapcsolatban lévő aktív neuronok között a kapcsolat erősödjön. Ez a Hebb féle tanulás.

A háló hibájának róható fel hogy hasonló minták esetén gyakori a tévesztés. Ezeket hibákat a backpropagation hálók javították ki.

Backpropagation

Ezt a neurális hálót gyakran szokták többrétegű perceptronnak nevezni. A backpropagation egy többrétegű hálózat. Tipikusan 3 vagy 4 réteget szoktak alkalmazni. A perceptron modell nem volt képes a kizáró vagy művelet megtanulására, de a rejtett réteg megjelenésével a backpropagation háló már képes erre. Az XOR művelet jelentős előre lépés volt a perceptronhoz képest. A hálózatot itt is minták alapján tanítjuk. A súlyokat a hibák alapján az általánosított delta szabály szerint módosítjuk úgy, hogy a hálózat kimenetén a hiba kisebb legyen, a minta újbóli tanításakor.



4.ábra
Backpropagation háló (A) és a kizáró vagy művelet (B)

Furat megmunkálás műveleti sorrendjének tervezése backpropagation neuron hálóval

Backpropagation neurális hálózatot alkalmazó szoftverek egyik képviselője a Brainmaker nevezetű program. Néhány éve egy tudományos kutatás keretén belül vizsgálták a műszaki területen való alkalmazhatóságát.[6,7]

Erre az egyik példa a hengeres furatok technológiai paramétereinek becslése, amelynek során a használt algoritmusok nem voltak képesek a technológia váltások határán elhelyezkedő megmunkálások között átmenet képzésére. Például egy tengely végén elhelyezkedő 25 mm átmérőjű furat, ami az algoritmus szempontjából „közepes furatnak" számít, amíg a tőle 0,5 mm-rel kisebb, 24,5 mm-es furat még „kis furatnak" tekinthető és már minőségileg tér el a 0,5 mm-rel nagyobb társától. A példánál maradva mondhatjuk a 25 mm névleges átmérőjű furatot „kicsit jobb" megmunkálni X módon, mint az ugyanolyan feltételek közötti 24,5 mm átmérőjűt, illetve elmondhatjuk, hogy erre már a Z műveletsor „kicsit alkalmasabb" lenne. Semmiképpen sem állíthatjuk azt, hogy X igen, Z pedig egyáltalán nem alkalmazható, ezzel szemben jelenleg ilyen merev algoritmusok működnek szinte minden rendszerben. Létrehoztak egy olyan rendszert, amely képes volt a fenti határok összemosására és az eredményt valószínűségi súlyozással együtt szolgáltatta. Ez a rendszer a Brainmaker programon alapul, amely a backpropagation neuronhálót használja. A furat megmunkálással kapcsolatban két kísérlet történt. Az első esetén háló bemeneti adataiként a furat átmérő, furat pontossági osztálya, érdességi osztálya, míg kimenetként a furat megmunkálási sorrendje szolgált. Ebben az esetben a betanítás bináris jellegű (kizárásos) volt, ami azt jelenti, hogy a kimenetek közül mindig csak egyet tekintünk aktívnak, az összes többi passzív állapotban volt. Azaz egy megadott bemeneti mintára csak egy kimenetet aktivált. Míg a második esetben egy kicsit másképp történt. Itt a neuronháló a bementi adatokból csak a következő szükséges művelet típusát állapította meg, és csak már furatos előgyártmányok szerepeltek bemenetként. Egy input vektor egyidejűleg több kimenetet is aktiválhatott. A felépített és betanított hálót ezek után egy ellenőrzésnek vetették alá, ami három részből állt. Az elsőben a tesztadatokkal futtatva a betanított hálózatot a jó és rossz válaszok aránya jellemezte a betanítás hatékonyságát, minőségét. A második

módszernél lehetőségünk volt egy-egy kimeneti neuron kiválasztására, s a tesztelő eljárás megmutatta, hogy a kiválasztott output neuron gerjesztettsége mely input neuronoktól és milyen mértékben függ. A harmadik tesztelési lehetőség a bemeneti neuronok valamelyikének lineáris változtatott gerjesztése, midőn a többi aktuális gerjesztettségű maradt. Eközben lehetőségünk volt bármelyik kimeneti neuron gerjesztettségi állapotának figyelésére is. Itt ez különösen alkalmas ellenőrzési módszer, hiszen éppen a furatátmérő változásának hatására van szükségünk. Mind a két esetben használhatónak bizonyult a backpropagation neuron háló.

Hátracsatolt neuronháló modellek

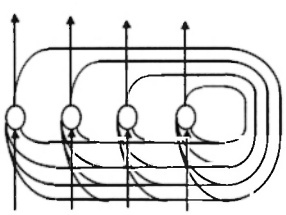
A hátracsatolt modelleknél az input réteg neuronjai felől nemcsak előre, az output réteg neuronjai felé halad az inger, hanem visszafelé is. Így egy neuron kimenete visszacsatolódik egy megelőző réteg neuronjára, ezáltal a visszacsatolt neuron bemenetének értéke függhet a korábbi kimeneti értéktől.

Hopfield Féle Neuron háló

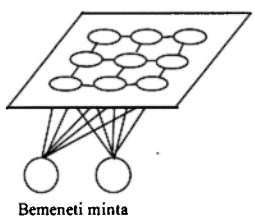
A Hopfield háló egyrétegű neuronhálózat, amelyben minden neuron kimenete a többi elem bemenetére a beállítható súlyozással van visszacsatolva. Ez az egyetlen neuron réteg, inputként és outputként is szerepel. A neuronok kapcsolata szimmetrikus. A hálózat tanítását a módosított Hebb szabály alapján végezzük. A Hopfield háló esetében alkalmazott módosított szabály a súlyok erősségét növeli vagy csökkenti annak megfelelően, hogy a két neuron kimenete megegyező vagy különböző állapotú. A hálót elsősorban bináris minták tárolására, illetve a tárolt képek hiányos változatainak felismerésére lehet használni. Jelentős alkalmazási területe még az optimalizációs problémák megoldása. Nevezetes alkalmazása az utazóügynök feladat megoldása(a városok mindegyikét egyszer és csak egyszer érintő legrövidebb körút megadása).

Kétszintű folyamatoptimálási lehetőség Hopfield féle neuronháló segítségével

Optimálási problémánál elsődleges feladatunk a célfüggvény megválasztása. Egyöntetű cél a mai vállatok tervezési rendszerében, hogy a gyártási folyamatnak a rendelkezére álló erőforrások figyelembevételével, az előirt minőség betartásával minimális anyag, energia, idő, stb. ráfordítása legyen. Cél a gyártási költségek minimalizálása. A gyártási költségek alapvetően két csoportra bonthatók: a munkadarabok konkrét megmunkálásával kapcsolatos és a megmunkálások közötti átmenetekkel kapcsolatos költségekre. A kétszintű optimálás lényege: az első szinten felületenként kiválasztjuk a műveleti költségek szempontjából optimális megmunkálásokat, majd a második szinten ezeket a megmunkálásokat úgy rendezzük sorba hogy az átmeneti költségek összege minimális legyen. A két szinten felmerülő problémákról a következőket állapíthatjuk meg. Az első szint „legrövidebb út" problémája nem jelent nehézséget, ellentétben a második szinttel ami az operációkutatásból ismert „utazó ügynök probléma" technológiai tartalmú analógiája. Ez a probléma az NP-teljes problémák csoportjába tartozik, azaz nagy valószínűséggel nem létezik olyan algoritmus, amely nagyméretű feladatok megoldását elfogadható futási idővel szolgáltatná. Az utazó ügynök problémára a feladat megoldása során szigorító feltételeket teszünk. A feladat megoldására több lehetőségünk van. Úgymint: teljes leszámlálás, eredeti utazó ügynök feladat megoldásának átalakítása, speciális egzakt módszerek, heurisztikus algoritmusok.[4,7] Az eredeti utazó ügynök feladatot az említett Hopfield - féle neuron háló segítségével is meghatározható.



5.ábra
Hopfield háló



6.ábra
Kohonen háló

A Hopfield modell egy 10 várost tartalmazó feladat esetén 20 futtatás során 16-szor konvergál a lehetséges körúthoz, ebből 8 a legjobb körutat adja meg 181.440 lehetséges körút közül.

Kohonen neuron háló modell

Az önszervező hálózat a bemeneti minták topologikus leképezését végzi el: a minták olyan rendezését, amelynek során az egymáshoz közeli minták egymáshoz közeli osztályokba kerülnek. Az egyrétegű hálózat a bemeneti tároló elemeit a súlyokon keresztül egy kétdimenziós hálóra vetíti, ahol a neuronok egymással versengve, a legerősebb neuront kijelölve választják ki, hogy melyik neuron fogja a kijelölt mintát reprezentálni.

Alkatrészcsaládok és gépcsoportok képzése

A csoport technológiát jellegzetesen a kis és közepes gyártási tételszám esetén használható. Három módszer ismert a technológiai csoportok kialakításához: az alakszerinti csoportosítás, osztályozás és kódolás és termelési folyamat elemzése. Ez utóbbihoz kapcsolódóan ismert a mátrix manipulációs módszer. Ezen eljárás előnye, hogy elkerüli a szubjektív és komplex osztályozási elveket. A módszer egy olyan mátrixon alapul amelynek vízszintes sorai a szerszámgépek a függőleges sorai az alkatrészekre vonatkoznak. A mátrix x_{ij} elemei egyenlők eggyel ha az i. gép szükséges a j. alkatrész megmunkálásához és nulla ha ez nem igaz. Nagy méretű mátrixok esetén a sok szűkkereszt metszet miatt nehéz ezeket a mátrixokat használni. Az önszerveződő neuron hálók képesek a mintákban rejlő hasonlóság felismerésére. Ezt a tulajdonságot használhatjuk az alkatrészcsaládok és gépcsoportok azonosítására a gép előfordulási mátrix alapján. Két megközelítés volt a leglényegesebb: a Kohonen modellen és az ART1 hálón alapuló. A gépcsoportok és alkatrészcsaládok kialakítását a háló stabil állapotában a súlymátrix alapján tehetjük meg. Az alkatrész osztályok száma a betanítás kezdetén ismeretlen, így csak kevés számú output neuront használhatunk. A stabil állapot beállta után a kimeneti neuronok számának változtatása nincs hatással az eredményre. A neuron hálók osztályozó képessége kiaknázható a csoport technológiai problémák megoldásához.

Irodalom

[1]. R. Beale and T. Jackson: Neural Computing: An Introduction, Adam Hilger, Bristol, 1990.

[2]. Dr. Dudás László: Mesterséges intelligencia módszerek I-II , Oktatási segédlet, Miskolc,1995.

[3]. César O. Malavé - Satheesh Ramachanran: Machine-part family formation Artificial Neural Networks for Intelligent Manufacturing, Edited by Cihan H. Dagli, Chapman & Hall 1994.

[4]. Eszes László: Szakaszos technológiai folyamatok optimálása szigorított „utazó ügynök" feladatra visszavezetett módszerrel, Gépgyártástechnológia, XXVII évfolyam, 8.szám, 1987. augusztus

[6]. Jeanette Lawrence: Introduction to Neural Networks California Scientific Software, Grass Valley, 1991.

[7]. Mádai A. - Dr. Vadász D.: A Brainmaker neuronhálós AI program rendszer adaptációs lehetőségeinek feltárása méretes szerszámokkal végzett furat megmunkálások kiválasztásához, Kutatási jelentés, Miskolci Egyetem, 1991.

[7]. Mádai Attila: Mesterséges neurális hálózatok műszaki alkalmazhatóságának vizsgálata, Kutatási jelentés, Miskolci Egyetem, 1992.

[8]. Dr. Tóth Tibor: Automatizált műszaki tervezés a gépgyártástechnológiában, Egyetemi jegyzet, Miskolc, 1994.

Ferenczi László doktorandusz,

Miskolci Egyetem, Alkalmazott Informatika Tanszék, Miskolc - Egyetemváros 3515, Tel: +36-46-365-111/19-52, +36-30-585-580, E-mail: ferenczi@iit.uni-miskolc.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

JÁTSZANI TANUL A GÉP

Forgó Zoltán

A mesterseges intelligencia fejlődéséről

A számítógépes adatfeldolgozási technikák fejlődese együtt járt a korábban csak ember által végezhető szellemi munka automatizálásával. A számítógép az egymást követő lépések megállapítása után bizonyos műveleteket gyorsabban képes elvégezni mint az ember. Ezzel ellentétben a számítógépek lehetőségei a látás, a hallás, a nyelv felismerése terén meg sem közelítik egy csecsemő képességeit. A mesterséges intelligencia kutatásának tárgya egy előre meg nem határozott megoldási szekvenciával rendelkező szellemi feladat megvalósítási módszereinek tisztázása. A mesterséges intelligencia (a továbbiakban MI) elnevezés M. Minsky publikációjából származik: "Lépések a mesterséges intelligenciához" (Steps toward artificial intelligence, Massachusett Institutt of Technology 1961).

Általánosságban a MI két fő nézőpontból szemlélhető: az első a tudományos megközelítés, és célja az emberi intelligencia működésének a tisztázása, a második a technikai, amely a számítógépet az ember intellektuális képességeivel próbálja felruházni. A kutatások nagyobb része ez utóbbi nézőpontot követve, anélkül próbálja számítógéppel az emberi intelligencia szintjének elérését, hogy az ember információ–feldolgozási lépéseinek pontos rekonstruálására törekedne.

A '60 - '70 -es években a MI terén való kutatások nagyrészt olyan ág fele terelődtek, amely feltéte–lezte az intelligens viselkedést (pl. tételek bizonyítása, játékok). Ezek után a probálkozások, más, magasabb fokú ismereteket megkövetelő problémák fele irányultak: orvosi diagnózis megállapítása, managerelési problémák megoldása stb. Ezek nagy mennyiségű információk felhasználását tették szükségessé.

Egy másik irány a MI terén a banális, hétköznapi problémák megoldását vette célba. Ezek megoldása magába foglalja a fizikai testek és a közöttük létező összefüggések felfogási módjának, valamint az ok és okozat összefüggésének ismeretét. Meglepetésszerűen a MI kutatásában jobb eredményeket értek el a játékok és a tételek bizonyítása témakörében, mint az előbb említett problémák megoldásában. Mindezek mellett az 1960 -as évek végén számos intézetben kísérelték meg a "szemmel, kézzel és fejjel" rendelkező intelligens robotok tervezését.A kisérletek eredményei azt bizonyították, hogy a robotok

képessége a problémamegoldás mellett a vizuális és más információ feldolgozásától (pl. a hallás) is függ. Ezek szerint újabb kutatási ágak keletkeztek a MI -án belül, melyek hamarosan különváltak tőle. (Peldául 1960 -as évek végéig a kézzel írt szövegek olvasási módszereit a MI körébe sorolták, de csak addig, amíg ki nem fejlesztették az optikai karakterolvasókat.)

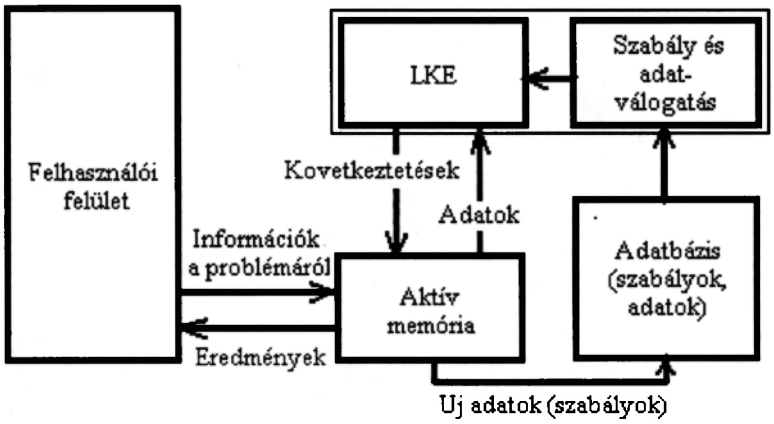
Az ismereteken alapuló rendszerek (a továbbiakban IAR) a számítógépes társadalomba a '70 -es években vonultak be. Azelőtt a MI kutatásában olyan programok láttak napvilágot, amelyek a számítógépek gyorsaságára alapoztak, s így csak nagyon egyszerű feladatok megoldására voltak alkalmasak. Ahogy egy komplex, egy reális probléma megoldását követelték tőlük, a lehetőségek exponenciális növekedése miatt gyakorlatilag használhatatlanok lettek. Ezért a '70 -es évek elejétől gyökeresen megváltozott a kutatók nézete és olyan megállapodásra jutottak, hogy egy bonyolult probléma megoldása egy bizonyos ismeretalapot követel az illető munkaterületről. Az IAR bevezetése sok elönnyel járt: csökkent a problémák számítógéppel való megoldásának ideje a problémák nehezségi fokával szemben, csökkent a hibás megoldások száma stb.

Az utóbbi években az IAR hatásfokát a problémaorientált rendszerek fejlesztése által növelték, amelyeket már előállításkor standard problémák ismereteivel láttak el. Ilyen rendszerek felépítését segítik a problemaorientált nyelvek, mint például a LISP, és az ezen alapuló 1970 -es években kifejlesztett PLANNER, CONNIVER és POP-2. További nyelvek, az INTER-LISP, mely ugyancsak ebben az időben született és a mai napig is használjak, az 1960 -as években készült QA1, QA2, QA3, és a PROLOG nyelv hatására létrehozott QA4.

Az IAR és DAMA tanuló program szerkezete

Egy IAR -nek három nélkülözhetetlen része van: az adatbázis, az aktív memória és a logikai következtető egyseg (LKE). Az adatbázis tartalmazza az illető területről összegyüjtött információkat, vagy az általános tudnivalókat, amit a program felhasználhat a probléma megoldásában. Az aktív (vagy dinamikus) memória tartalmazza az aktuális probléma kiinduló informacióit, a megoldás során a részeredményeket, majd a végeredményt, ha van ilyen. A LKE az IAR központi egysége, amely feldolgozza az információkat az adatbázisból és az aktív memóriából a megfelelő szabályok szerint. Ugyancsak a LKE dönti el, hogy az illető rész- vagy végeredményt meg kell-e "tanulni" vagy sem. A három alaprész mellett általában van egy egység, amely a központi részhez, a LKE -hez tartozik, és a megfelelő adatokat válogatja ki az adatbázisból a probléma megoldásához; egy felhasználói felület, amely biztosítja az állandó összeköttetést a számítógép és a felhasználó között. Ennek segítségével lehet a program lépéseit követni,mivel általában a felhasználói felület az aktív memória tartalmat tükrözi. A rész- illetve végered–ményeket a gép egy emberi nyelvhez hasonló nyelvezet segítségével írja ki, amely elég rugalmas és közvetlen.

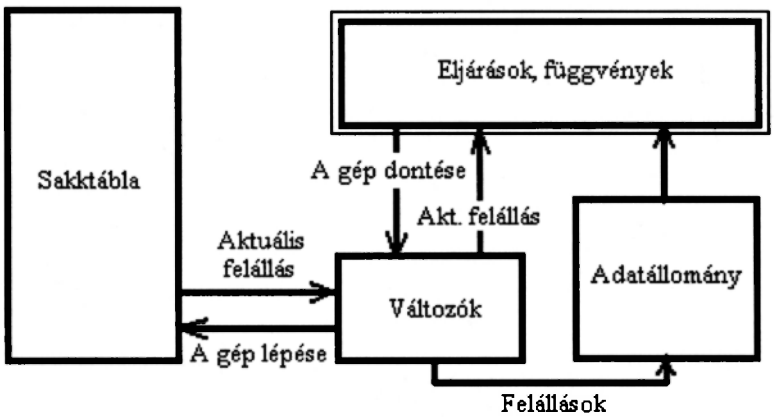
Az IAR általános szerkezetet nagyon jól szemlélteti az alábbi ábra:



1. ábra

Az általam készített program megpróbálja feleleveníteni az 1967 -ben készült tanulni képpes dámázó programot és tartalmazza a fennebb leírt IAR részeit. Az általánosan megnevezett LKE -et több függvény és eljárás képviseli, míg a központi rész által feldolgozott információk egy adatállományból és az aktív memóriából származnak. Ez utobbi a helyzetet leíró változókból áll.

A program szerkezete (2. ábra), az általános szerkezetű IAR -től abban különbözik, hogy egyes alkotóelemeknek kevesebb szerepet tulajdonítottam: azt az egységet amely az IAR -ben az információkat válogatja, beleolvasztottam a LKE -be, mivel a program csak egy témakörről "tud". Ezenkívül a felhasználói felület a képernyőn megjelenő sakktáblából áll, ahol a gép a döntéseit a bábuk elmozdításával hozhatja a felhasználó tudtára.



2. ábra

Ahhoz, hogy a mozdulás megtörténjen, a LKE véletlenszerűen kiválaszt egy bábut és egy lépési irányt az illető bábuval. Miután eldönti, hogy a lépes nem szabályellenes, és a lépésével nem juttatja az ellenfelét nyerő állásba, akkor továbbítja a döntést az aktív memóriának, ami változást eredményez a

képernyőn (elmozdul egy bábu). A vesztő állás megvizsgálása úgy történik, hogy a gép feltételezve, hogy lépett, az így kialakult felállast összehasonlítja az adatállományban levőkkel, és ha egy azonosat talál, akkor egy új lépéssel probálkozik. Ha mégis nyert az ellenfél, akkor a nyerő lépés (az utolsó lépés) előtti felállást a gép elmenti az adatállományba, hogy a fennebb leírt módon megakadályozza a következőkben ennek a kialakítását, mivel ez biztos vereséget jelent.

Az itt bemutatott program megvalósítja a mesterséges intelligencia azon legelemibb követelményét, hogy az információkat tapasztalati tényként kezelve egy egyszerű elemzőképességet modelezzen.

Irodalom

[1] Yoshiaki Shirai - Jun-ichi Tsujii : Mesterséges intelligencia (fordította Nagy Ákos), Budapest 1987

[2] Open, 5 szám 1995 jan. - feb.

[3] Természet Világa, 1994 augusztus

Forgó Zoltán egyetemista

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki kar, Muncii utca 101-103, 3400 Kolozsvár

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Recycling folyamatok informatikai rendszerének analízise

Garamvölgyi Ernő

ÖSSZEFOGLALÁS

A recycling folyamatok kezelése komoly informatikai hátteret igényel. Egy ilyen komplex rendszer felépítése költséges, viszont segítségével a környezetkárosodás elkerülhető. A rendszer alapelve a termékek útvonalának pontos követése, a termékek egyedi azonosítása, és a túlbiztosítás, mely a hibás azonosítást kerüli el. A rendszer segítségével zárt technológia dolgozható ki bármely termék szétbontására és újrahasznosítására. A rendszer alkalmas lehet veszélyes anyagokat tartalmazó termékek például hűtőgépek, kezelésére is.

BEVEZETÉS

Az újrahasznosítás korunk iparának rohamosan fejlődő ágazata. Fejlesztését a környezet szennyezése és a bányászott nyersanyagok csökkenése tette szükségessé. A cél egy takarékosabb, kisebb nyersanyag- és energiaigényű gazdaság kialakítása. Az újrahasznosítás (recycling) témakörben végzett kutatások eredményeinek gyakorlati alkalmazása a nemzetközi piacokon nem előnyt jelent, hanem ma már alapfeltételként jelenik meg. A Bay Zoltán Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete (BayLogi) 1994 óta vesz részt a EUREKA-CLEANTECH elnevezésű nemzetközi projektben, melynek célja a recycling folyamatok megszervezése, módszertani alapjainak kidolgozása.

A RECYCLING

A recycling elhasználódott termékek újrahasznosítását jelenti. A szakirodalomban két megközelítése található. Az egyik az anyagában történő újrahasznosítás esete, mely főleg a shredder eljárásra és anyagszeparációra épül. A másik elv a termékek szétszerelését helyezi előtérbe, majd a shredder eljárást a részegységeken végzi el. Az első eljárás előnye, hogy olcsó, kicsi a műveleti idő, kicsi a munkaigénye, azonban veszélyes anyagok esetén nem használható, továbbá minél kevésbé homogén a termék, a szeparálás annál nehezebb. A második módszer megoldja a veszélyes anyagok problémáit, majdnem teljesen tiszta anyagok nyerhetők vele, illetve egyes alkatrészeket funkciójukban is újra tudunk hasznosítani. A módszer hátránya azonban, hogy munkaigényes eljárás és drága.

Hulladéktípusok

1. Kommunális hulladék kezelése.
2. Ipari- és gyártási hulladék kezelése.
3. Elhasználódott ipari termékek újrahasznosítása

3.1. Szórakoztató elektronikai eszközök (fekete termékek)

3.2. Háztartási eszközök (fehér termékek)

3.3. Gépjárművek

3.4. Stb.

A BayLogi a háztartási eszközök - ezen belül a hűtőgépek - szétszerelésével és újrahasznosításával foglalkozott.

RECYCLING INFORMATIKAI RENDSZEREK

Az integrált információs- és irányítórendszerek feladata a recycling technológiai- illetve logisztikai folyamatainak irányítása oly módon, hogy a folyamatban részt vevő eszközök, illetve a folyamatban feldolgozásra kerülő termékek állapotáról, helyéről, feladatáról bármely pillanatban megbízható információt szolgáltathasson, szükség esetén a folyamatba beavatkozhasson. Az információszolgáltatás sebessége elegendően gyors kell legyen ahhoz, hogy a folyamatot felügyelő rendszer szükség esetén döntést hozhasson és beavatkozhasson a folyamatba. Ahhoz, hogy az információs rendszer a folyamat minden résztvevőjéről megfelelő információt szolgáltathasson szükséges a résztvevők egyedi azonosítása.

Recycling folyamatok résztvevői és azonosításuk

A recycling folyamatok legfontosabb résztvevőit azon termékek jelentik, melyeket elhasználódásuk után a lehető leggazdaságosabban akarunk újra felhasználni. A problémát az jelenti, hogy minden egyes darab gyakorlatilag egyedi. A termék fajtájától, gyártásától függetlenül, míg az egyező típusú darabok sem tekinthetők azonosnak, hiszen a felhasználásuk módja szükségszerűen különbözött, így különböző mértékű az elhasználódásuk, a jelenlegi állapotuk. Ezért minden egyes darabot olyan azonosítóval kell ellátnunk, amely utal típusán túl az állapotára is. A termékek azonosítása tehát újrahasznosítás szempontjából kulcskérdés. Azonosításra olyan kódot használhatunk, amely

- a terméket a gyártási folyamat kezdetétől életciklusának végéig kíséri (beleértve az újrahasznosítási folyamatot is), vagy
- a termékre használaton kívül helyezésekor kerül rá és csak a recycling folyamatban kap szerepet.

Figyelembe véve azt, hogy a napjainkban újrahasznosításra kerülő termékek többsége több tíz évvel ezelőtt készült és emiatt nem tartalmaz azonosító kódot, megvalósíthatónak csak a második változat mondható. Ennek ellenére tényleges megoldást a problémákra a termék életét végigkísérő azonosító jelenthet.

A termékek azonosításához a kódrendszeren túl szükséges az adathordozó helyes megválasztása is. Legalkalmasabbnak a vonalkód (barcode) eljárás tűnhet, mert akár életciklusán át is kísérheti a terméket, olcsó, gyorsan feldolgozható, de figyelembe kell vennünk, hogy nem aktualizálható, csak cserélhető és könnyen sérülhet, ami hibás azonosítást eredményez. Ezzel szemben a rádiófrekvenciás azonosítás kevésbé sérülékeny, könnyen aktualizálható, viszont drága. A logisztikai folyamatokban jelentős szerepet kapnak a gyűjtőközpontok és a központok között szállítást végző járművek. Ezek mindegyikét önálló egyedi azonosítóval kell ellátni, hogy a begyűjtött termékek mozgása követhető legyen. Különösen fontos ez veszélyes hulladékok szállítása esetén. A termék útjának végső állomása a szétszerelő üzem. Ezekből egy adott régión belül lehet több is, ebben az esetben az üzemek egyedi azonosítót kapnak.

Integrált információs- és irányítórendszerek felépítése

A rendszer felépítésénél alapkövetelmény, hogy az újrahasznosítási folyamat résztvevőinek mozgása hézagmentesen követhető legyen, azaz minden pillanatban, minden résztvevő egyed (szállítójármű, termék, stb.) pontos tartózkodási helyét meg tudjuk állapítani. Így a rendszer veszélyes, környezetre-, egészségre ártalmas termékek kezelésére is alkalmassá válik. A rendszer elemei:gyűjtési központok információs rendszerei, szállítójárművek mobil információs rendszerei, szétszerelő üzemek információs rendszerei, központi adatbázis, irányítórendszer, számítógépes hálózat (1.ábra).

Gyűjtőközpontok információs rendszere

A gyűjtőközpontokba a termékeket a vevők szállítják elhasználódásuk után. A gyűjtőközpont regisztrálja a beérkezett terméket, begyűjti az azonosításhoz szükséges adatokat, elküldi a központi adatbázisba. A termékek túlnyomó részén szétszereléshez használható azonosító kód nem szerepel. A gyűjtőközpont a központi irányítórendszertől egyedi azonosító kódot kér minden egyes termékre. A kód tartalmazza a termék típusát, állapotát, veszélyességét, a már elvégzett szétszerelési műveleteket, illetve egy egyedi azonosítót. A gyűjtőközpont információs rendszere irányítja és ellenőrzi az egységrakományok képzését, rájuk szintén azonosítót kér. A központi irányítórendszernek elszállítási kérést küld. Regisztrálja az elszállított egységrakományokat szállítójármű azonosítója, elszállítás időpontja.

A szállítójárművek mobil információs rendszere

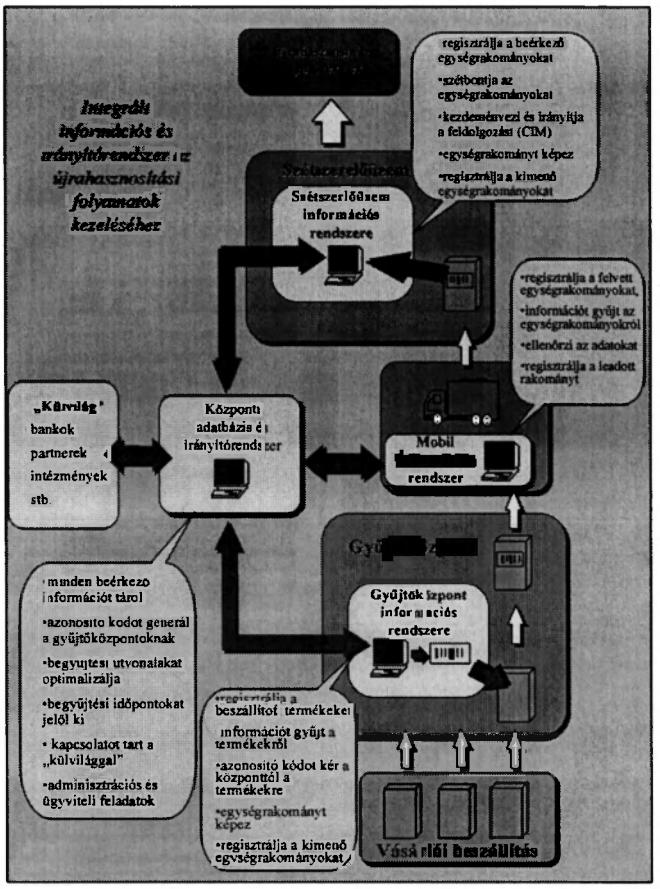
A szállítójárművek a gyűjtőközpontokban felhalmozódott egységrakományokat a szétszerelő üzemekbe szállítják. A járművek útvonalát, rakományát a mobil információs rendszer ellenőrzi. A rendszer regisztrálja a felvett egységrakományokat a felvétel helye, időpontja, rakományazonosító alapján. A rakomány adatait a felvétel helyén ellenőrzi a rendszer, majd elküldi az irányító-központnak a felvett adatokat. (Ezzel közúti baleset esetén a központi irányítórendszer a mobil rendszer tönkremenetele esetén is hozzáfér a rakomány adataihoz, azt a mentést végző szerveknek azonnal továbbítani tudja.) A rakomány célállomásra érkezésekor a leadott rakományokat regisztrálja, az adatokat a központba továbbítja.

A szétszerelő üzem információs rendszere

A szétszerelő üzem információs rendszere regisztrálja és ellenőrzi a beérkezett rakományok adatait. Felügyeli az egységrakományok bontását, kezdeményezi és irányítja a feldolgozást. Ilyen módon az üzem rendszere tartalmazhat egy komplex CIM rendszert is. A szétbontott termékekből egységrakományt képez, regisztrálja a kiszállított egységrakományokat. Az összes művelet információit tárolja a központi adatbázisban.

A központi adatbázis és irányítórendszer

A rendszer legösszetettebb része a központi irányítórendszer. Feladata a teljes rendszer működésének összehangolása. Tárolja az összes beérkező információt. Kezeli és generálja az azonosító kódokat a termékekre és egységrakományokra. Kijelöli a szállítások időpontjait, optimalizálja a begyűjtési útvonalakat. Adminisztrációs és ügyviteli feladatokat lát el. Kapcsolatot tart a partnerekkel, bankokkal, intézményekkel.



1.ábra Integrált információs rendszer

IRODALOM

[1] CSELÉNYI J. - MANG B. - BÁNYAINÉ TÓTH Á. - BÁNYAI T.: A recycling logisztika, mint a logisztikai kutatások dinamikusan fejlődő egyik új iránya, Észak-magyarországi gazdaság - kultúra - tudomány, 1996.

[2] EUREKA - CLEANTECH (EU 1104) National Report - Hungary, Working Point 4, Miskolc:BAYLOGI, ME ALT, 1996 július.

[4] CSELÉNYI J. - MANG B. - FISCHER GY. : Newer Models of Collection Logistics of Recycling Miskolc: MicroCAD'96, 1996. Február.

[5] CSER L. - ISTVÁN ZS.: Assembly and Disassembly - an Unified Approach?, Johannesburg: 28th CIRP Seminar on Manufacturing Systems, 1996. Május.

Garamvölgyi Ernő, doktorandusz

BayLogi, Miskolc Iglói u. 2. 3519. Magyarország Telefon: 46-363622, Fax : 46-369-438

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Objektumorientált kémia oktatóprogram

Kürti Kinga

Bevezetés

Napjainkban igen fontos szerepe van a számítógépnek az iskolai oktatásban. Nem hiába, hiszen manapság a kisdiákok szívesen ülnek gép elé, s a tananyag is könnyebben érthető, ha játékosan, vizuálisan tárjuk eléjük.

A CBT (Computer Based Training), vagyis a számítógépre épülő oktatás lényege az, hogy a napi leckét, az óra végi felmérést az illető szakmában járatos tanár állítja össze, oly módon, hogy a tanulók akár otthon is használhassák az anyagot, tanulás közben.

Emellett nagyon fontos dolog az is, hogy ezt a barátságos rendszert már a kezdet kezdetén megismerhessék a tanulók, még a tantárgy bevezetésekor. Így nemcsak az elméleti résszel találják már az elején szembe magukat, hanem az illető tantárgy gyakorlati oldalával is találkozhatnak. Nem beszélve arról, hogy kedvükre gyakorolhatnak, játszhatnak, ezúton sajátítva el a tananyagot.

A középiskolás diákok egyik réme, a kémia, igencsak unalmassá válhat, ha nem kísérletezéssel, szemléltetéssel kezdjük. Ezért előnyös dolog, ha van egy diákokhoz alkalmazkodó, tanárok által összeállítható leckeanyag, mely tartalmazza az új tananyagot és a hozzá tartozó kérdéseket. Olyan összeállításban, hogy a diák otthon, egyedül is tanulhasson belőle, gyakorolhasson, és játszhasson is kedvére. A fejlesztés célja egy olyan Windows környezetben működő objektumorientált rendszer létrehozása, mely segíti a diákok tevékenységét, és a tanárok számára megkönnyíti a tananyag számítógépre vitelét.

A kémia oktatóprogram

Számítógépes oktatóprogramokat főleg matematikából, fizikából, illetve biológiából készítettek. Nem csoda, hiszen ezek azok a tantárgyak, melyeket már kisebb osztályokban bevezetnek, és sok olyan

anyagrész van , melyet számítógép segítségével könnyebben tanuló közelbe lehet vinni. A kémiával kapcsolatban már kevesebben gondolkoznak így, pedig elég nagy szükség lenne ezt a kevésbé kedvelt tantárgyat is közelebb hozni a diákokhoz. Sok benne a gyakorlati rész, viszont nagyon sok tanár inkább az elméletre fekteti a hangsúlyt.

A program szerkesztő centrikus, hiszen a napi leckéket, illetve a benne megjelenített molekulákat össze kell szerkeszteni. Főbb, továbbfejleszthető funkciói: a leckeszerkesztés, teszt szerkesztés, játék szerkesztés, bitmap beolvasás, 3D molekulák szerkesztése és a periódusos rendszer, mely a kémia oktatásának elengedhetetlen része.

Molekulaszerkesztő

A program egyik fő alkotóeleme a molekulaszerkesztő, melynek segítségével szerves molekulákat állíthatunk össze (1.ábra)

A molekulát alkotó atomok kis gömbök formájában jelennek meg, atomtömegük függvényében határozható meg nagyságuk, tulajdonságaik függvényében a színük, melyet tetszés szerint módosíthatunk.

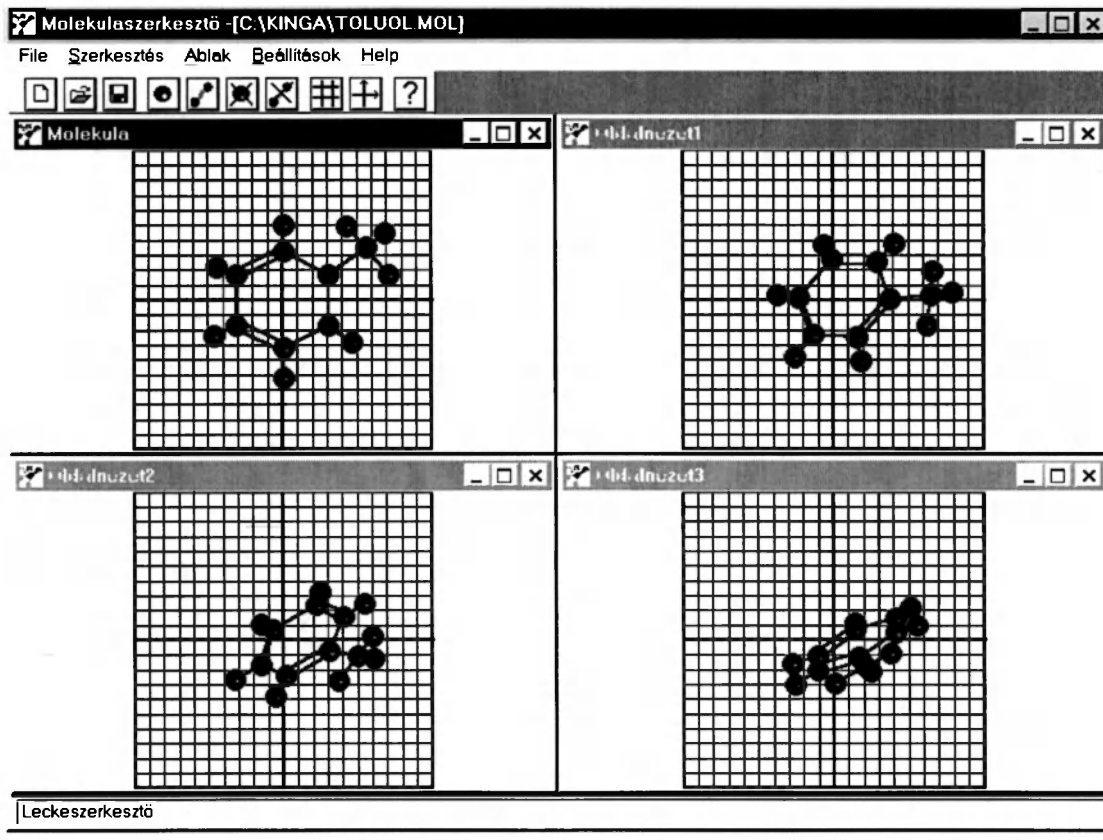
A kis gömbök mérete az ablak nagyságának megfelelően, arányosan változik. Ugyanez elmondható az atomok közötti kötések hosszúságáról is. Mindkét objektumosztály törölhető és tetszőleges helyre kihelyezhető.

A molekulaszerkesztő négy ablakot tartalmaz, melyek a tervezendő molekula négy különböző szög szerinti nézetét mutatják. Csak az első ablak szerkeszthető, a másik három csak a térben való eligazodást segíti. Ezek segítségével, rajzolás közben könnyebb meghatározni az atomok harmadik (x,z)–síkban való elhelyezkedését.

A molekulák atomjait menüpont kiválasztásával, illetve az egér bal gombját lenyomva létre lehet hozni, illetve törölni. Az új elem, egérrel való létrehozás esetén, abba a pozícióba kerül, ahol az egér bal gombját lenyomtuk. A z-koordináta megadása egy dialógusablakon keresztül történik.

A beállításokat és a színeket, a kiíratás formáját az OPCIOK nyomógombbal változtathatjuk meg, melynek megnyomásakor egy dialógusablakban beállíthatjuk a kirajzolási színek árnyalatait, valamint az atom megjelölésének típusát, mely lehet: sorszámozott, illetve vegyjellel szerinti.

Az így megszerkesztett molekulát állományba menthetjük, majd újra behívhatjuk, bővíthetjük, esetleg újabbat is létrehozhatunk. Ez azért is lényeges, mert a lecke összeállításakor az állományból olvassuk ki a már összeállított molekulákat.



1.ábra. A molekulaszerkesztő

Tervezés közben igényelhető egy síkrács, illetve egy (x,y) koordináta rendszer, ezeket a menün, eszköztáron keresztül állíthatjuk be.

Leckeszerkesztő

Az óra anyagát egérrel és menüpontok használatával, a leckeszerkesztőben állíthatjuk össze Ez egy objektumorientált szerkesztő, melynek segítségével kitehetünk a képernyőre egy bitmap-et, egy előzőleg összeállított molekulát, vagy akár egy szöveget. A szöveg, egy tetszőleges szövegszerkesztővel összeállított, .txt állományból hozható be, esetleg kérésre, kis terjedelem esetén azonnal is beírható, dialógusablakon keresztül.

Ha egy lecke több oldalas, akkor az oldalak között mozogni lehet. A diák az órán kiosztott tesztkérdésekre a választ is kikeresheti. A teszteket a tanár állítja össze, a leckeszerkesztő egyik menüpontjával elérhető dialógusablak segítségével, majd ezt állományba mentheti. Amikor szüksége van rájuk az órán, beolvashatja a file-ok tartalmát és kioszthatja azt a tanulóknak.

A teszteket dialógusablakon keresztül, adott idő alatt kell megoldani, bejelölve a helyes megoldást. A soron következő kérdést ezt követően, a jobbra nyíl lenyomásakor a program olvassa be.

A lecke egyik fő sajátossága, hogy a benne található molekulák 3D-ben forgathatóak a lecke bemutatása, szerkesztése közben. A forgatás elindítása, illetve megszüntetése a Molekula/Forgatás menüpontok kiválasztásával érhető el.

A periódusos rendszer

A rendszerben, egy adott elemről csak a vegyjel, vegyérték, illetve atomtömeg jelenik meg, viszont, ha az egér bal billentyűjét lenyomjuk, akkor az aktuális téglalapban található elemről részletesebb leírást kapunk. Felvettünk egy dialógusablakot, mely a rendszer adatbázisából kiolvassa az információkat és megjeleníti őket a képernyőn. A dialógusablakba nyomógombokat helyeztünk, melyek segítségével jobbra, illetve balra mozoghatunk a periódusos rendszer elemei között, információt kapván az előző, vagy az éppen soron következő elemről. Az elmozdulás csak az aktuális soron megengedett, illetve az éppen aktuális oszlopban. Ha befejeztük az információk olvasását, akkor az OK nyomógombot választva kiléphetünk a dialógusablakból.

Játékok

A játékok kategóriájába többféle játéktípus tartozik. Az első csoportba tartozó játékok célja a tanulók megfigyelő-képességének és ügyességének fejlesztése. Ezek általában a program által létrehozott, periódusos rendszerrel kapcsolatos (pl. puzzle), tanár esetleg diák által megszerkesztett keresztrejtvények kitöltésével foglalkoznak.

A második csoportba olyan játékok tartoznak, melyek a tanulók kreativitását fejlesztik, ilyenek a molekulaszerkesztő sokoldalúságát kihasználó molekulaépítő játékok.

Irodalomjegyzék

[1]. Szűcs Pál: Számítógépes oktatási programok tervezésének módszertana, Budapest, 1987.

[2]. Bodonyi Ferenc, Dr. Pitter György: Kémiai Összefoglaló. 6. átdolgozott és bővített kiadás. Műszaki könyvkiadó, Budapest. 1993.

Kürti Kinga, IV.éves informatikus hallgató

Babes-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Gr. Alexandrescu 51/12, E-mail: kk6583@scs.ubbcluj.ro

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

AZ EKG JEL TOMORITESE GENETIKAI ALGORITMUS ALKALMAZASAVAL

Szilágyi László és Szilágyi Sándor Miklós

A hagyományos módszerek rövid ismertetése

Az irodalomban fellelhető EKG jel tömörítő algoritmusok három egymástól teljesen eltérő módszert alkalmaznak:

- direkt módszerek: AZTEC, CORTES, SLOPE,
- transzformációs módszerek: FOURIER transzformáció, K-L transzformáció, Walsh, Wavelet transzformáció,
- paraméterbecslő módszerek: neurális hálózatok [2], szintaktikai módszerek, lineáris és nemlineáris predikció [1], [6].

Bármely tömörítési algoritmus használata esetén a közvetett paraméterek a tömörítési hányados (Cr), valamint a reziduális hiba (RE). A direkt módszereket a 70-es években kezdték alkalmazni, napjaikban legtöbbjük elavult. Az elérhető tömörítési arány 8 bites vételezés esetén 1:3. Ez ugyan meghaladja az elterjedt általános célra készített adattömörítő programok hatékonyságát (1:2 a legújabb RAR, ZIP és ARJ esetében), de messze elmarad a transzformációs módszereken vagy a paraméterbecslő módszereken alapuló algoritmusok hatékonysága mögött. Ez a tömörítési nyilvánvalóan nem elegendő, mivel 24 órán át tartó, 200 Hz-es mintavételezési frekvenciával történő mérés esetén a keletkező adatfile hossza tömörítés nélkül megközelítôleg 18 Mbyte. A hiba nélküli tömörítés után kapott file mérete körülbelül 3.14 Mbyte. Amennyiben a tömörítés bitvesztéses algoritmussal történik, ez akár 470 Kbyte-ig csökkenhet.

Miután a nagy reményeket tápláló Wavelet transzformáció [5] nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, napjainkban egyértelműen a paraméterbecslő módszerek a leghatékonyabbak. Ez érthető is, mivel a transzformációs módszerek nem képesek a vizsgálandó beteg állapotának a becslésére. A paraméterbecslő módszerek fő hátránya [3] a magas számítási igény, amelyet ha megpróbálunk lerövidíteni, elveszítjük a becslés pontosságát, rosszabb esetben a becsült paraméterek már nem lesznek képesek a rendszer jellemzésére. Most helyszűke miatt nem lehetséges a módszer működésének pontos

ismertetése, de ismertetnünk kell a különböző módszerek és hatékonyságuk közötti összefüggést, összefoglalva a tanulságokat.

Az algoritmus leírása és eredményei

Rövid bevezetésként ismertetjük a lineáris predikció képletét, ahol az X a becsülendő, az R pedig a reziduális jelet jelenti. Az a, b, c, d-vel jelölt együtthatók tartalmazzák a tárolandó információt, ezek jellemzik a tanulmányozandó rendszer

$$
\begin{aligned}
\tilde{X}(n) &= a_1 \cdot X(n-1) + a_2 \cdot X(n-2) + \ldots + a_{2i-2} \cdot X(n-2i-2) + \\
&+ b_1 \cdot X(n-k+i) + b_2 \cdot X(n-k+i-1) + \ldots + b_{2i} \cdot X(n-k-i+1) + b_{2i-1} \cdot X(n-k-i) + \\
&+ c_1 \cdot R(n-1) + c_2 \cdot R(n-2) + \ldots + c_{2i} \cdot R(n-2i) + c_{2i+1} \cdot R(n-2i-1) + \\
&+ d_1 \cdot R(n-k+i) + d_2 \cdot R(n-k+i-1) + \ldots + d_{2i} \cdot R(n-k-i-1) + d_{2i+1} \cdot R(n-k-i)
\end{aligned}
$$

A kísérletek során nyilvánvalóvá vált, hogy a becslési pontosság növekszik a kiszámítandó paraméterek számának az emelésével, valamint a felbontás növelésével. A további eredmények az eddig vizsgált 50 mérést legjobban tükröző mérések eredményeit tartalmazzák. A mért értékek 8 biten vannak tárolva.

A felbontás szerepe gyakorlatilag 1/128 után szinte megszűnik. A próbaképpen alkalmazott $1/2^{20}$ felbontás ugyancsak 4,8-as tömörítési arányt adott. A paraméterek számának növelése hatékonyság-növekedést 7-8 paraméterszámig hozott. A költségfüggvény értékének csökkenését eredményezte a nullszintet jelképező érték szerepét meghatározó paraméter bevezetése.

Ez a becslési módszer már alkalmasabb a mérés kis helyen való tárolására. Abban az esetben, ha a becsléshez felhasznált paraméterek időben a becsülendő paraméter után is lehetnek a becslési hiba drasztikus csökkenése figyelhető meg (10-15 a tömörítési arány). Ebben az esetben a nullszintet jelképező érték szerepét meghatározó paraméter bevezetése nem eredményezi a becslés pontosságának a növekedését. Sajnos ez a módszer tömörítésre nem alkalmas, de szűrési feladatokra megfelelő. Az optimális megoldás a jel szűrése és a következő lépésben való tömörítése. Ha a tömörítéshez fel akarjuk használni a fenti információt, szükségszerűen hosszú távú lineáris predikciót kell alkalmazzunk. Ez nagyságrendileg megnöveli a számítások volumenét.

A becslési hiba felhasználása gyakorlatilag nem eredményez költségfüggvény csökkenést, a hiba gyakorlatilag a paramétereknek egy nulla összegű kombinációját jelenti. A mérési eredmények alapján kijelenthető, hogy szerepe a paraméterszám redukálásánál van. Gyakorlatilag a 8 paraméterrel elért

pontosság megvalósítható 3 paraméter és 3 becslési hiba paraméter felhasználásával. Sajnos a további paraméterszám növelés nem eredményez javulást.

A jelre rátevődő zaj szerepe tanulmányozható a mért és az előzőleg szűrt jel becslése során kapott paraméterek értékeiből és a becslési hiba négyzetösszegéből. Zajos jel esetén a becslési pontosság már 4-5 paraméter esetén eléri a maximumot, szemben a szűrt jel esetén kapott 7-8 paraméterrel. A paraméterek értékeinek tanulmányozásából az derül ki, hogy az információ nagy része az első paraméterekben koncentrálódik. Ez hatványozottan igaz a zajjal pertubált jel esetén.

Ha a becsülendő értékeket egy kis periódusidejű szinuszos jel szolgáltatja, melynek periódusideje nem egész számú többszöröse a mintavételezési ciklus idejének és a paraméterek száma nagyobb, mint a periódus és a mintavételezési idő hányadosa, a kapott paraméterek jellemezni fogják a becsülendő jelet. Ez felfogható egy transzformációnak is. Bizonyítása úgy lehetséges, hogy egy rövid jelszakaszra elindítva a becslést, majd egy bizonyos ponttól kezdve a jelet megszüntetve és a továbbiakban nulla becslési hibát feltételezve a kapott jel nem cseng le, hanem egy megadott (nem nulla) középérték körül fog az eredetinél kisebb (de időben állandó) amplitúdóval oszcillálni.

Természetesen egy valódi EKG jel [4] esetén ez gyorsan lecseng, bizonyítva azt a tényt, hogy egy pontosabb becsléshez jóval magasabb számú paraméterre van szükség (több száz). Ezek a paraméterek információt kell hordozzanak a megelőző RR komplexusról. Mivel a mintavételezés minimum 200 Hz-el történt, és az RR komplexus ideje néhány tizedmásodperc, a szükséges paraméterek száma minimum 200 kell legyen. Ezek kiszámítása rendkívül időigényes. Átlagban 17-18 paraméter szükséges ahhoz, hogy a paraméterek leírhassák az R hullám alakját. Ezen paraméterek meghatározása szintén genetikus algoritmussal lehetséges, mivel viszonylag kevés számítással eljutunk egy megfelelő szuboptimális megoldáshoz.

Mivel a becslési hiba nagy részéért az R hullám a felelős, a becslés pontossága növelhető abban az esetben, ha a jelből kivonódik az átlagos R hullám alakja. Ez természetesen jobb eredményt ad, ha az R hullám csoportok azon eleme vonódik ki, amely az illető R hullámra a legjobban hasonlít. Ez esetben e hullámok csoportját és a pozíciókat valamilyen módon tárolni kell. A pozíciók tárolásának egy hatékony módja a reziduális jelre felvitt speciális alakzatok elve.

Amennyiben a paraméterek nem konkrét értékek, hanem időbeni függvények, akkor nem szükséges az R hullám kivonása, vagy a reziduális jel módosítása. Minden egyes pillanatban létezik egy állapot. Az állapotok összessége határozza meg az állapotteret. Az állapottérben való elmozdulás "folytonos" jelleget mutat. Amennyiben az algoritmus által minden egyes pillanatban szolgáltatott megoldáshalmazból nem a "folytonos" jelleget követő megoldást választjuk, a rendszer instabillá válik.

IRODALOM

[1]G. Nave, A. Cohen - *ECG Compression Using Long-Term Prediction* - IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 40, SEP 1993, pp 877-885.

[2]Quizhen Xue, Yu Hen Hu, W. J. Tompkins - *Neural-Network-Based Adaptive Matched Filtering for QRS Detection* - IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 39, APR 1992, pp 317-329.

[3]S. C. Tai - *An Extensive Markov System for ECG Exact Coding* - IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 42, FEB 1995, pp 230-232.

[4]V. Krishnamurthy, R. Elliott - *A Filtered EM Algorithm for Joint Hidden Markov Model and Sinusoidal Parameter Estimation* - IEEE Trans. Signal Processing, vol. 43, JAN 1995, pp 353-357.

[5]Ciuwei Li, Chongxun Zheng, Changfeng Tai - *Detection of ECG Characteristic Points Using Wavelet Transforms* - IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 42, JAN 1995, pp 21-27.

[6]Kang-Ping Lin, W. H. Chang - *QRS Feature Extraction Using Linear Prediction* - IEEE Trans. Signal Processing, vol. 36, OCT 1989, pp 1050-1054.

Szilágyi László, egyetemi hallgató,
hallgató,
Petru Maior Egyetem, Marosvásárhely
Cím: Str. Liszt Ferenc Nr. 8, 4300 Marosvásárhely,
Telefon: 40-65-164490, E-mail: lszilagyi@uttgm.ro

Szilágyi Sándor Miklós, doktorandusz
Budapesti Műszaki Egyetem,
Folyamatszabályozási Tanszék,
E-mail: sandor@seeger.fsz.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Az áramátadó elemek tönkremenetelét okozó jelenségek vizsgálata

Adorján Gábor

A fém 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 általában áramátadó elemnek nevezünk. Ez az áramátvitel a hegesztési folyamat során nagyon erős mechanikus - elektromos - termikus terhelést jelent az áramátadó hüvely számára és az ennek következtében létrejövő erős kopás nagyon gyorsan müködőképtelenséget eredményez. A normál áramátadó elemek közepes élettartalma az automatizált AFI - AWI hegesztésnél 1-2 óra a tiszta hegesztési időre vonatkoztatva. Ez azonban erősen függ az áramátadó fúvóka konstrukciós kialakításától. A kutatások célja ezen a területen elsősorban az élettartam növelése illetve az áramátadás körülményeinek a javítása, fokozása. Ebben a közleményben tárgyaljuk az áramátadáskor lejátszódó és az áramátadó hüvely gyors tönkremenetelét okozó jelenségeket.

1.) Az áram hozzávezetés szerkezeti kialakításának jellegzetességei

Az áram hozzávezetés kialakítási módjai nagyon sokfélék lehetnek [1]. Az ismert kialakítások két elemes, kompenzáló kivitelűek melyek folyamatos áramátadást valósítanak meg. Ezek nyitott huzalvezető csatornával, felületi érintkezéssel rendelkeznek és mind anyag mind alak szempontjából ezek a típusok adják a leghosszabb élettartalmat. A védőgázas ívhegesztő berendezéseknél ezzel szemben csaknem kizárólag becsavarható, kedvező költségekkel előállítható, rézből vagy rézötvözetből készült áramátadókat használnak, melyek zárt vezetőcsatornával rendelkeznek és ez által nem képesek a kopásból adódó hibák kiküszöbölésére. Ez utóbbi kialakítású áramátadó elemeket *kontakt fúvókáknak* nevezik

2.) Az áramátadás különleges jellegzetességei a kontakt fúvókákban

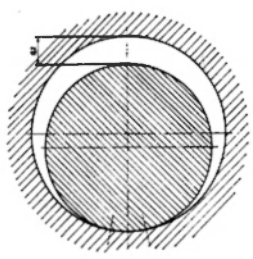
2.1 Érintkezési módok

A villamos érintkezés egy olyan állapot, mely két áramvezető elem érintkezésénél jön létre [2]. Az érintkezés módja szerint megkülönböztetünk *nyugvó, csúszó,* és *mozgó* érintkezéseket. A kontakt

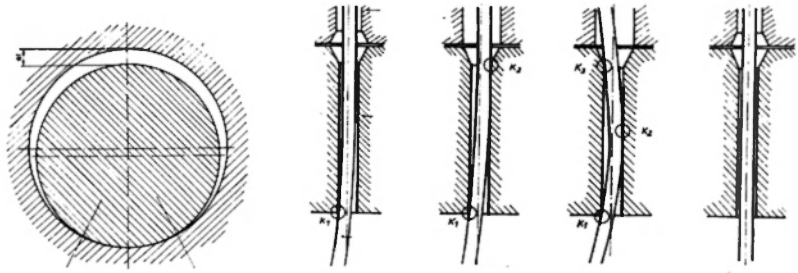
fúvóka és a hegesztőhuzal közötti érintkezés *csúszó érintkezés*. Ez a rögzített kontakt fúvóka furata (huzalvezető csatorna) és a rajta V_{DR} huzalelőtoló sebességgel keresztül vezetett hegesztőhuzal között alakul ki. A huzaldobról érkező, többé - kevésbé ívelt hegesztő huzal a vezetőcsatornához érintkezve rugalmasan meghajlik és az ebből a rugóerőből adódó F_k érintkezési erővel a kontakt fúvóka furatának falához nyomódik. Az így kialakult érintkezési erő nagysága döntően képes befolyásolni az áramátadás jelenségének minőségi lefolyását.

2.2 Az érintkezés geometriai feltételei

A kontakt fúvóka furatátmérője szokásosan 0,2 ritkábban 0,1 mm-el nagyobb az elektróda huzal átmérőjénél [2]. Figyelmesen szemlélve az ebből adódó geometriai viszonyokat az érintkezés keresztmetszetében, világossá válik, hogy a két elem érintkezése csak egy nagyon lehatárolt tartományban lehetséges és hogy ez az érintkezési tartomány a két átmérő különbségének csökkenése esetén növekszik (1.ábra). Valójában az érintkezési viszonyok még kedvezőtlenebbek, mint hogy a kontakt fúvóka furata sohasem ideálisan kör alakú és a szokásos tekercshuzalos előtoló berendezéseknél a hegesztőhuzal alakváltozásával is kell számolni, tehát az sem ideálisan kör alakú.



1 ábra



2.ábra

A különféle pisztolykonstrukcióknál eszerint a huzal görbülésének a függvényében különböző érintkezési helyek adódnak (2. ábra). Amennyiben a fúvókaház furata és a kontakt fúvóka furata egybeesik és jól kiegyenesedett csak kevésbé görbült huzal kerül a felvevő elembe, akkor csak egy érintkezési pont van mégpedig a fúvóka szájnyílásánál (K_1). Ha ez a kedvező huzalvezetés a felvevő darabban nincs meg, akkor a mérsékelten kihajolt huzal két érintkezési helyet (K_1 ,K_2), illetőleg erősebben kihajolt huzalnál, a huzal bizonyos körülmények között három érintkezési helyet létesít a kontakt fúvóka furatának hossza mentén. Egy kifogástalanul egyengetett, a felfekvő elemben is jól vezetett hegesztőhuzal elvileg át tud futni a huzalvezető csatornában anélkül, hogy a falával érintkezne.

2.3 Az idegen réteg (bevonatok, szennyeződések) hatása

Amennyiben a hegesztő huzal felszínén valamint a kontakfúvóka furatnak a belső felülete idegen réteggel rendelkezik az áramátadást ezek akadályozzák (2. táblázat).Az előbbiekben bemutatott viszonyok azt mutatják, hogy az adott geometriai viszonyok alapján is a két érintkező elem közötti

érintkezés csak pontszerű érintkezési tartományok között lehetséges a többé-kevésbé tetszőleges értékre beálló terhelő nyomás mellett.

Felület	Bevonatok, szennyeződések
Hegesztő huzal felülete	- adalékok (pl: molibdén szulfid), - olajok - zsírok, - szennyeződések, - oxid réteg,
Kontakt fúvóka furatának felülete	- futtatási és oxidrétegek, - huzalból felkenődött rétegek - felületi tisztátlanságok, - a homlokfelület irányából behatoló fröcs-kölést gátló szerek ill. azok bomlástermékei

3. Áramátadás pontszerű érintkezésnél

3.1 Elvi megfontolások

Az áramvezetésnek a fizikai mechanizmusa a kontaktfúvóka és a hegesztőhuzal csúszó kontaktusos elrendezése esetén még nincs kellően tisztázva. Az erre vonatkozó elképzeléseket [2] vizsgálja. Minthogy a kontaktfúvóka furata és a hegesztőhuzal felülete durva az érintkezés csak az érdességi csúcsokban jön létre, amelyek többé-kevésbé még idegen anyaggal is szennyezettek. Ezáltal a hatásos érintkezési felület, amelyben az áramvezető elemek érintkezése lehetséges lényegesen kisebb mint a geometriai körülményekből adódó látszólagos érintkezési felület és ezt lényegében az érintkező elemek keménysége és az érintkezési terhelés határozza meg. Járulékos érintkezési pontok akkor keletkezhetnek ha a lekopott részecskék (pl: acél-forgácsok, a huzal rezezett rétegének darabjai) az egyébként nem érintkező elemek közé kerülnek.

Az áramátadás az idegen részecskék érintkezésénél az alábbiak miatt jöhetnek létre:

- az idegen rétegek közötti félvezető állapot következtében;
- kipattogzási helyeken;
- az idegen réteg helyein, fémes áramvezetés által;

Függetlenül a vezetési mechanizmus jellegétől, az áramátadás mindig nagyon kis részfelületen (un. *a* felületen) jön létre a tényleges érintkezési felületen belül. Ez mind a kontaktfúvókában mind a hegesztő huzalban az áramátfolyásnak az érintkezési helyeken való besűrűsödéséhez vezet és ezáltal egy ellenállás növekedést eredményez. Ez az ellenállás növekedés és az idegen réteg ellenállása adja az érintkezési hely ellenállását. Az ilyenféle nagy áramsűrűségi helyeken az érintkezés helyi felmelegedést. Ezáltal hőfokesés alakul ki az áramszűkület mindkét oldalán az érintkező elemekben. Emiatt a hőfokfüggő fajlagos ellenállás az érintkezési helyen állandó jelleggel megnő és ezáltal az ellenállás növekedés is nő. Hidegen felkeményedett kontakt anyagok esetén (pl: hidegfolyatott kontakt fúvókáknál) felbővül az érintkezési hely a lágyulási hőmérséklet elérésekor miáltal az ellenállás növekmény a

lágyulási állapotnak megfelelő értékre lecsökken, miközben a meglévő idegen réteg szomszédos tartományainak roncsolódása következtében a jelenlévő idegen réteg ellenállása ugrásszerűen megváltozik. További felmelegedés során tovább nő az ellenállás növekedés mígnem az olvadási hőmérséklet elérésével és az érintkezési helyek összeolvadásával meg nem szűnik. Az ilyen ömledék jellegű érintkezési hidak azonban csak létidővel rendelkeznek. A csúszó mozgástól és a nagy áramsűrűségtől függően felmelegszenek a párolgási hőmérsékletig és robbanásszerűen szétszóródnak ezáltal mindig újabb érintkezési pontok alakulnak ki. Az érintkezési tartományok a vezetőcsatorna mentén vándorolnak és időnként többszörös kontakthelyek léteznek egyszerre

4. Összefoglalás

A csőszerű kontakt fúvóka és a többé - kevésbé ívelt huzal közötti csúszó érintkezésnél kialakuló geometriai érintkezési körülményeknél csak közelítőleg pontszerű érintkezési tartományokban lehetséges az érintkezési elemek érintkezése, egy esetlegesen kialakuló érintkezési terhelés körülményei között. A kontakt fúvóka növekvő kopásánál ezek a körülmények olyan értelemben változnak, hogy az áramátadás mindinkább változatlanná válik és az érintkezési terhelés csökken mint, hogy a viszonylag kis érintkezési pontok nagy hegesztő áramot visznek át különösen az ellenállásos helyi hevítéssel úgy melegszenek fel a megömlési és elgőzölgési hőmérsékletre és az érintkezési hidak robbannak szét, hogy állandóan új érintkezéseknek kell létrejönniük. Gyakorlati vizsgálatok segítségével speciális kísérleti elrendezésben bizonyítható volt az elkopott fúvókában kialakuló körülmények között egyidejűleg több érintkezési pont is létezhet. A fúvókacsatorna hossza mentén való vándorlása az érintkezési pontoknak a szabad huzalvég egyenlőtlen ellenállásos hevítést eredményez.

Irodalom

[1] Günter Hesse ; Wolfgang Bahn :Untersuchungen an mehrteiligen Stromkontaktdüsen ZIS-Mitteilungen, Halle 29, (1987) 11.

[2] Heinz Zwickert: Untersuchungen zur Klarung einiger Vorgange bei der Stromübertragung im Gleitkontakt Kontaktdüse - Schweißdraht ZIS-Mitteilungen, Halle 29, (1987) 11

Adorján Gábor, doktorjelölt

Miskolci Egyetem 3515 Miskolc, Egyetemváros, Tel: (06)-46-366-111/19-91

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

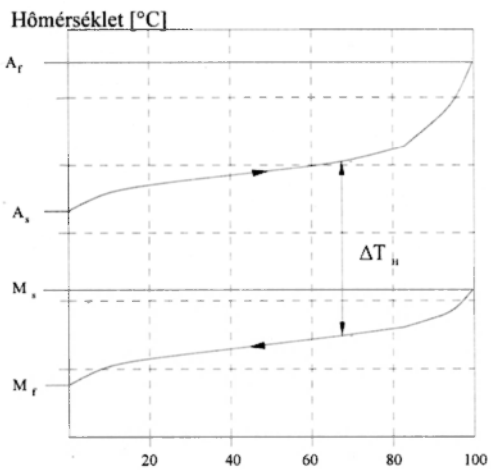
Kolozsvár, 1997, március 21-23

NIKKEL-TITÁN (NITI) ALAKEMLÉKEZŐ ÖTVÖZET ALKALMAZÁSA ROBOTKEZEKBEN

Kiss Attila

Az alakra emlékező hatás (Shape Memory Effect)

Az alakra emlékező fémötvözetek alakokat képesek megjegyezni és ezeket hőmérsékletváltozás hatására önállóan felvenni. A viselkedés oka a martenzites fázisátalakulás. Egy elsőrendű szerkezeti fázisátalakulásról van itt szó , melynél a magas hőmérsékletű β fázis (ausztenit) diffúzió nélkül az alacsonyhőmérsékletű α fázisba (martenzit) megy át. Az átalakulás koncentrációváltozás nélkül zajlik le és gyakran éles határfelületű lemezes- vagy lencse alakú krisztallitok képzéséhez vezet [1].

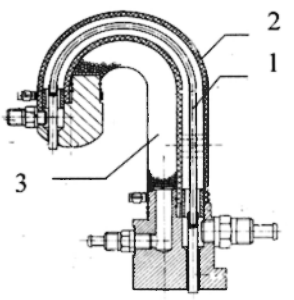


1. ábra

Az átalakulás az M_s martenzit-starthőmérsékletnél kezdődik és az M_f finishőmérsékletnél fejeződik be (1. ábra). Egy DT_h átalakulási hiszterézis után elkezdődik a visszaalakulás az A_s ausztenit-starthőmérsékletnél és az A_f ausztenit-finishőmérsékletnél fejeződik be. Ha az emlékezés csak a hideg alakra vonatkozik, akkor egy-utas (one-way), ha a hideg és a meleg alakot csupán hűtés-fűtés hatására váltogatja az anyag, akkor két-utas (two-way) alakemlékezésről beszélünk.

A BME-GTT robotujj

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén elkészítettünk egy NiTi-huzallal működtetett robotujjat, amelynek terhelhetőségét vákuumos granulátum-konzol növeli (lásd 2. ábra). A huzal egy-utas alakemlékezést mutat, ezért hideg



állapotának visszaállításához gumirugót alkalmazunk, amely egyben a hűtőfolyadék áramoltatásához szükséges csatornát is magában foglalja.

A huzal fűtésére áramgenerátort, hűtésére kényszerített levegőáramot használunk. A vákuumos granulátumkonzol az ujj terhelhetőségét nemcsak mintegy 30%-kal növeli, de azt tetszőleges pozícióban rögzíti és megtartja mindaddig, amíg a vákuumot ki nem kapcsoljuk [2].

Liang és Rogers modelljének alkalmazása a megfogóujj NiTi-aktuátorára

Az alakra emlékező ötvözetek viselkedésének leírására számos elmélet született (Fremond, Tanaka, Wang, Greenwood-Johnson, Magee, hogy csak néhányat említsünk), amelyekre Brinson [3] kimutatta, hogy egy huzalra közel azonos eredményt adnak, és ez a "közös" eredmény a kísérleti tapasztalatokkal is összhangban van. Ebben a dolgozatban Liang és Rogers egy dimenziós modelljét [4] alkalmazom a BME-GTT robotujj két dimenzióban elmozduló aktuátorára (továbbiakban SMA).

Az alkalmazott modell kormányzó egyenlete a következő:

$$\dot{\bar{\sigma}} = E\dot{\bar{\varepsilon}} + \Theta\dot{\bar{T}} + \Omega\dot{\xi} \tag{1}$$

ahol E a Young-modulus, Q a termoelasztikus tenzor, W a fázistranszformációs tenzor. A változók: $\bar{\varepsilon}, \bar{\sigma}$ és T a Green-alakváltozás, a második Piola-Kirchoff feszültség és a hőmérséklet. A pont ("˙") jelöli az idő szerinti deriválást. A x martenzit arány a fázistranszformáció tartományában kifejezhető a következő egyenletekkel:

Martenzites átalakulásra (A→M)

$$\xi = \frac{1-\xi_A}{2}\cos\left[a_M\left(T - M_f\right) + b_M\sigma\right] + \frac{1+\xi_A}{2} \tag{2}$$

míg a fordított folyamatra (M→A)

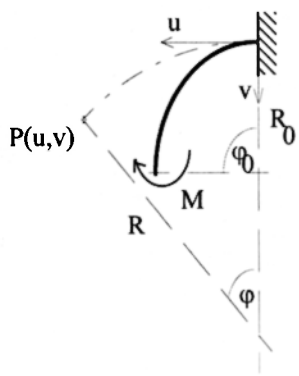
$$\xi = \frac{\xi_M}{2}\left\{\cos\left[a_A\left(T - A_s\right) + b_A\sigma\right] + 1\right\} \tag{3}$$

ahol a_A, a_M, anyagjellemzők és az átalakulási hőmérsékletek függvényei, b_A, b_M pedig feszültséghatás együtthatók, amelyek leírják, hogyan változnak az átalakulási hőmérsékletek a feszültséggel, x_A és x_M a kezdeti martenzites arány hűtésre ill. fűtésre.

Átalakítások után a következő alakban kapjuk a kormányzó egyenletet:

$$\sigma - \sigma_0 = \Omega'\left(\xi - \xi_0\right) + \Theta'\left(T - T_0\right) \tag{4}$$

ahol W' és Q' a módosított fázistranszformációs ill. a termoelasztikus tenzorok, amelyek a terhelések ismeretében számíthatóak W-ból és Q-ból.



3. ábra Az SMA és a gumirugó modellje

Ha T növekszik, a huzal kiegyenesedik. Modellezzük az aktuátort a 3. ábra szerinti tartóként és tegyük fel, hogy csak tiszta hajlítás terheli. A felső szál nyomódik (rövidül), az alsó szál húzódik (megnyúlik). Miközben a tartó egyenesedik a melegítés hatására, ugyanez történik a gumirugóval is, amely így rugalmas deformációt szenved. Tegyük fel, hogy rugókarakterisztikája (j=j(M)) lineáris. Vajon milyen hajlítónyomatékkal terheli az SMA-tartót (és így milyen feszültséget ébreszt benne) az adott $\left(\overset{\frown}{\varphi}, R\right)$ pozícióban?

Mivel feltettük, hogy a rugót csak hajlítónyomaték terheli, a körív deformáltan is körív marad. Ha a hőmérséklet növekszik, az SMA egyre inkább egyenesedik, a gumirugót is viszi magával. Így a T növekedésével az egyenesedő gumirugó egyre nagyobb pozitív hajlítónyomatékot fejt ki az SMA-ra. Egy $(j_0,s_0)\rightarrow(j,s)$ átmenet esetén, ahol $s_0<s$ és $j_0>j$, a (4) egyenletbeli W' és Q':

$$\Omega' = \frac{\Omega}{1+\frac{EI_y}{E_r I_{yr}}\frac{s}{s+e\overset{\frown}{\varphi}_0}} \qquad (5)$$

$$\Theta' = \frac{\Theta}{1+\frac{EI_y}{E_r I_{yr}}\frac{s}{s+e\overset{\frown}{\varphi}_0}} \qquad (6)$$

ahol E a huzal, E_r a gumirugó Young-modulusa, I_y a huzal, I_{yr} a gumirugó keresztmetszeti tényezője, s a semleges szál hossza, e=r a szélső szál távolsága.

A munkaterhelés hatása

Tegyük fel, hogy a gumirugóval körülvett SMA-aktuátort egy munkanyomaték is terheli! (Az egyszerűség kedvéért elhanyagoljuk a valóságban fellépő terhelés nyíró és húzó-nyomó hatásait.) Ekkor szobahőmérsékleten (a felfűtési folyamat megkezdése előtt) az aktuátor felső szálában ébredő s_0 feszültség:

$$\sigma_0 = \frac{ME}{I_y E + I_{yr} E_r} e \qquad (7)$$

A tartó ívszöge szobahőmérsékleten és M terhelés hatására:

$$\overset{\frown}{\varphi}_{0m} = \frac{M\left(s + e\overset{\frown}{\varphi}_0\right)}{I_y E + I_{yr} E_r} + \overset{\frown}{\varphi}_0 \qquad (8)$$

Így tetszőleges deformáció esetén (adott hőmérsékleten) a feszültségre adódik:

$$\sigma - \sigma_0 = \left(\overset{\frown}{\varphi}_{0m} - \overset{\frown}{\varphi}\right) \frac{I_{yr} E_r}{s} \frac{e}{I_y} \qquad (9)$$

Ezt az egyenletet (4)-el együtt használva meghatározható (az adott munkaterhelést is figyelembe véve) az adott hőmérsékleten a tartó j nyílásszöge, amelyből kiszámolhatóak a P(u,v) pont (lásd 3. ábra) koordinátái. Ha ismerjük az aktuátor hőmérséklet-idő függvényét, akkor az ujj pozíciója idő szerint változó függvényalakban adódik.

Összefoglalás

A dolgozatban röviden ismertettem a fémek egy speciális csoportjának, az alakra emlékező ötvözeteknek a működési elvét. Bemutattam a Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékén kifejlesztett robotujjat, amelynek működtető eleme egy NiTi alakemlékező ötvözetből készült huzal. Az ujj áramgenerátoros fűtés hatására kiegyenesedik, áramoltatott hideg levegő hatására visszagörbül. Egy granulátumokat tartalmazó konzol vákuum alatt képes az ujjat tetszőleges pozícióban megtartani. Liang és Rogers elméletét felhasználva bemutattam az ujj egy lehetséges működési modelljét, amelynek segítségével egy adott hajlító-terhelés esetére - ismerve a huzal hőmérséklet-idő görbéjét - bármely időpillanatban meghatározható az "ujjhegy" pozíciója.

A dolgozat a CP 940510 "ROBAS" Copernicus project támogatásával jött létre.

Irodalom

[1] Dr. Prohászka János , Kristyákné Dr. Maróti Gizella (1988), Alakemlékező ötvözetek, *Kohászat* 121.évfolyam, 7.szám, pp. 290–301.

[2] Kiss Attila (1994), SMA-aktuátoros, vákuumos granulátumkonzollal merevített megfogóujj, Budapesti Műszaki Egyetem, *Diplomaterv*

[3] L.C. Brinson, M.S.Huang (1995), Simplifications and Comparisons of Shape Memory Alloy Constitutive Models

[4] C. Liang, C.A. Rogers (1992), Design of Shape Memory Alloy Actuators, *Journal of Mechanical Design,* Vol. 114, pp. 223-230.

Kiss Attila okl. gépészmérnök, doktorandusz hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék, H-1111 Budapest, Egry J. u. 1., Tel: (+36-1) 463-2123, Fax: (+36-1) 463-3178, e-mail: kiss@next-1b.manuf.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A FELSZAKADÁS VIZSGÁLATA, SAJÁTOSSÁGAI ST52-3 TÍPUSÚ ACÉLBAN

Mura Andrea

Általános törekvés, hogy egyre nagyobb szilárdságú acélokat alkalmazzunk. A nagyszilárdságú acélok kedvező tulajdonságai és a rájuk jellemző szívós törés mellett azt is megfigyelték, hogy a melegen hengerelt lemezekből kimunkált lapos próbadarabok szakító- és ütvehajlító vizsgálat során számos esetben keresztben felhasadnak, felszakadnak.

A közlemény megpróbál áttekintést adni azokról a mechanizmusokról, melyek az eddigi kutatások eredményei szerint ezt a felszakadást okozhatják, illetve arról, hogy a jelenség miként befolyásolja az St 52-3 típusú acél mechanikai tulajdonságait.

1.BEVEZETÉS

A XX. század folyamán megnőtt az igény az olyan szerkezeti anyagok iránt, amelyek egyre jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Az acélok jelentős részénél ez nagyobb szilárdságot, jobb szívósságot és hegeszthetőséget jelent, illetve minél nagyobb szilárdság/súly arányt. Ezeknek a kívánalmaknak jól megfelelnek a nagy szilárdságú, gyengén ötvözött acélok (HSLA steels). A folyáshatáruk 275-550 MPa, szakítószilárdságuk 415-700 MPa közötti érték. Jellemzőjük még a jó alakíthatóság és a jobb korrózióállóság .

E tulajdonságoknak köszönhetően az alkalmazási területük rendkívül széles, például gépszerkezetek, anyagmozgató berendezések, épületek, hidak, fúrótornyok, nagynyomású olaj- és gázvezetékek, vasúti járművek, daruk, hajók, stb. Ugyanakkor a következő problémák fokozottan jelentkeznek:

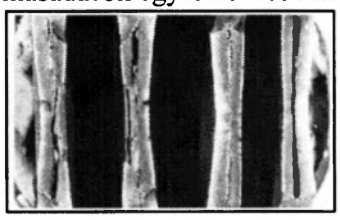
- hegeszthetőség,
- bemetszés-érzékenység,
- a szilárdság növekedésével általában csökken a szívósság is,
- a metallurgiai folyamatokra jobban oda kell figyelni,
- érzékenyebbek a hengerlési körülményekre,
- olyan fémtani folyamatok mehetnek végbe a hengerlés (termomechanikus alakítás) során, amelyek a keresztirányú szilárdsági, szívóssági jellemzőket csökkentik. Példa erre a réteges tépődés (lamellar tearing) és a szplittingesedés (splitting).

A közlemény témája az utolsóként említett szplittingesedés. E szó arra a tulajdonságra utal, hogy ütő- és szakítóvizsgálat során az ilyen acélokból kimunkált próbatestek a hengerlési síkkal párhuzamosan felhasadnak, felszakadnak. A jelenséget sokféle névvel illetik, magyarul felszakadásnak, felhasadásnak, felnyílásnak nevezik. Alapvetően három oka lehet:

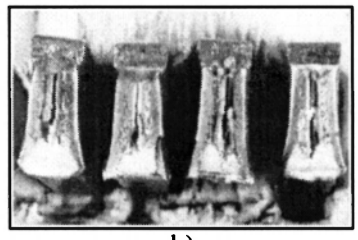
- Az ilyen anyagok öntése során - amely általában folyamatos öntés - a szennyezők és ezen belül az alacsony hőmérsékleten dermedő mangán-szulfid az öntecs közepében helyezkednek el és a hengerlés során a lemez középsíkjában maradnak.

- A hengerlés és az azt követő tekercselés hőmérsékleti, alakítási viszonyai között olyan fémtani folyamatok mennek végbe (pl. teljes vagy részleges rekrisztallizáció), amelyek a szemcsehatárokat gyengítik.
- A harmadik ok lehet pusztán mechanikai jellegű: a nagyszilárdságú acélok szakító vagy ütővizsgálata során jelentkező keresztirányú expanzió erő-, feszültségigénye nagyobb, mint a keresztirányú szilárdság.

Az 1.ábra a hasadás makroszkopikus képét mutatja. A szakítópróbáknál (a) egy nagyobb hasadás figyelhető meg a lemez középsíkjában, amely párhuzamos a hengerlési síkkal, míg az ütőpróbatesteken (b) párhuzamos hasadások egész rendszere látható. A legmélyebb felszakadás középen figyelhető meg, ez két részre osztja a próbadarabot a töretfelület közelében. Az így létrejött két részt az ütőpróbatesteken két újabb felszakadás tovább osztja, amelyek körülbelül fele olyan mélyek, mint az első volt. Az ezután megjelenő felhasadások egyre kevésbé mélyek, mint az előzőek voltak.



a)



b)

1.ábra.
Felszakadás a) szakítópróbatesten, b) ütőpróbatesten

2.IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A 70-es években elvégzett vizsgálatok alapján Engl és Fuchs [1] úgy gondolják, hogy az összetétel, a megmunkálás, valamint a hűtés módjának és sebességének együttes hatására kialakuló szövetszerkezet az oka a felhasadásnak. Ezen vizsgálatok eredményeképpen több hasadási alaptípust különböztetnek meg, melyek között az átmenet általában folyamatos (zárványos, cleavage és szemcsehatár típusok). Mindegyik esetben a törési felületen alakváltozásos gödröcskés törés figyelhető meg.

Az eddigi kutatások eredményei [1,2,3,4,5] alapján az állapítható meg, hogy

- a melegalakítás kedvez a jelenség kialakulásának, különösen ha a hengerlés befejező hőmérséklete olyan alacsony, hogy a szövetszerkezetben az ausztenit mellett a ferrit is megjelenik,
- a hengerlést követő hűtés módja is hatással van előfordulására,
- nemesített acélok esetében nem, normalizált acélok esetében elvétve figyelhető meg;
- nem fordul elő ridegtörésnél, kialakulásához nagyobb képlékenység, illetve ennek következtében fellépő keresztmetszet-csökkenés szükséges,
- az alakváltozásosan tört felületeken helyi ridegtörés eredményeképpen jön létre.

Kialakulása a következő mechanizmusokkal hozható összefüggésbe:

- a sorbarendeződött, nyújtott zárványok menti felszakadozás,
- a szemcsehatárok mentén kivált karbidok mentén létrejött feltépődés,
- a hengerlés során kialakuló (100) [011] kristálytani textúra, amely kedvez a ferritkristályok hasadásának,
- az ausztenit-ferrit tartományban hengerelt acélban alakított, elnyúlt ferrit létrejötte,
- az ausztenit-ferrit tartományban alakított acélban bekövetkező intenzív szálasodás,
- a melegalakításkor kialakuló szemcseméret egyenlőtlen eloszlásakor a hengerlési síkkal párhuzamos durvaszemcsés területeken könnyen végbemegy a hasadás.

ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A tapasztalt jelenség okainak elemzésére az 1.táblázatban feltüntetett összetételű anyagon igen nagyszámú próbatesten (350 db) szakító-, ütő- és hajlító-vizsgálatokat végeztünk, annak megállapítására, hogy a jelenség hogyan befolyásolja a szilárdsági, szívóssági és alakváltozási jellemzőket. A mechanikai vizsgálatokat fémtani elemzések egészítették ki annak érdekében, hogy a jelenség fémtani okait is megkíséreljük feltárni.
A vizsgált anyag melegen hengerelt, nióbiummal és vanádiummal mikroötvözött , St 52-3 típusú acéllemez volt.

A vizsgált anyag vegyi összetétele 1. táblázat

Vegyi összetétel [%]										
C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Al	V	Nb	Cu
0.11	1.28	0.31	0.019	0.011	0.027	0.046	0.046	0.002	0.026	0.050

A *szakítóvizsgálat* során az R_{eH} folyáshatár, az R_m szakítószilárdság, az R_u' valódi feszültség a szakadás pillanatában, az $A_{11.3}$ és $A_{5.65}$ szakadási nyúlások és a Z kontrakció értéke lett meghatározva (2.táblázat).

A szakítóvizsgálat során mind a hossz-, mind a keresztirányban kimunkált próbatestek szilárdsági és képlékenységi mérőszámai megfeleltek a DIN 17 100 (1980) szabványban rögzített előírásoknak. A hosszirányú próbákon erőteljesebb felszakadások jelentkeztek. Ezek 93%-án és a keresztirányú próbák 22%-án volt szabad szemmel látható felszakadás. A vastagságirányú szilárdsági és alakváltozási jellemzők vizsgálatához készített un. „behegesztett" próbatestek szakítóvizsgálatakor mindössze egy próba szakadt a hegesztett kötésben. A *hajlító igénybevételt* azonban az így kialakított próbatestek nem bírták, a repedés az összes esetben a lemez síkjára merőlegesen befordított és behegesztett alapanyagban indult meg. Ki kell emelni, hogy a vastagságirányú szilárdsági és képlékenységi jellemzők meghatározására vékony (6 mm vastag) lemez esetében nincs előírás.

2.táblázat

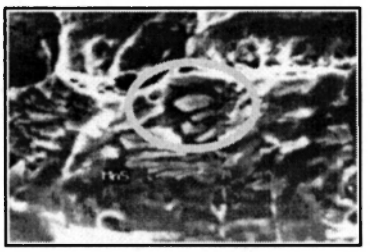
	próba kivételének módja*	Rm	ReH [MPa]	Ru' [MPa]	A5.65 [%]	A11.3 [%]	Z [%]
Átlagérték		551	456	1062	33.05	25.17	52.83
	keresztirányú	561	489	1034	27.58	21.00	49.82

A *műszerezett ütővizsgálat* során kapott ütőmunka értékek a szabványban előírtakat szintén kielégítik, a vizsgált Charpy féle V-bemetszésű próbatestek -40 °C hőmérsékleten is igen szívósan viselkedtek, a próbák túlnyomó része -60°C-os hőmérsékleten is szívósan tört. A vizsgálatkor a próbatestek nagy részén - a hosszirányú próbák 99%-án, a keresztirányú próbák 70%-án - szabad szemmel is megfigyelhető volt a felszakadás. Összefüggés a próbakivétel helye és a felhasadások mérete között nem volt. A lemeztábla különböző részeiről kimunkált próbatesteken mért ütőmunka értékek között sem volt kimutatható különbség.

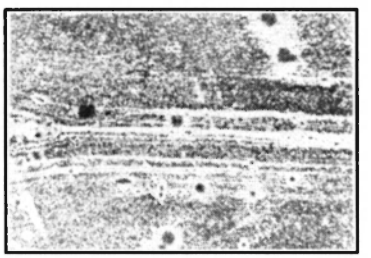
Hőkezelt (650°C-ra hevített majd gyorsan hűtött) ütő- és szakítópróbáknál a felszakadások továbbra is jelentkeztek, de a keresztirányú ütőpróbatesteken a szabad szemmel megfigyelhető felhasadások száma lényegesen kisebb volt, mint a nem hőkezelt darabok esetében. Az eltérés 53%.
Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy az acéllemez felhasználás szempontjából lényeges szilárdsági, képlékenységi és szívóssági tulajdonságait az észlelt felszakadozások nem befolyásolták károsan. A mért értékek az előírtaknak megfeleltek, sőt meg is haladták azokat, abban az esetben, ha a szabványokban előírt vizsgálatokat végeztük.

A fémtani, főként *scanning-elektronmikroszkópos vizsgálatok* eredményei szerint az elütött, illetve elszakított próbák a nagy szilárdságú acélra jellemző alakváltozásos, gödröcskés törést mutattak, a felszakadás környékén pedig hasadásos törés volt megfigyelhető. Az észlelt felszakadások a korábban említett három típus közül a zárványos és a cleavage típusba sorolhatók be. A töretfelületen egyenletesen elszórva gömbalakú, komplex zárványok, a felszakadások környékén ezen kívül töredezett és

négyszögletes MnS és CaMnS zárványok is találhatók voltak. A felszakadozások belső felületét a hasadás mélysége miatt az elektronmikroszkóp nem tudta végigpásztázni, kivéve a csak mikroszkóppal megfigyelhető kis méretű felnyílásokat, ahol nagy mennyiségű töredezett mangánszulfid volt (3.ábra). A töredezett és elnyújtott mangánszulfidok összefüggésbe hozhatók az észlelt felszakadozásokkal. Szintén közreműködhet a jelenség kialakulásában a lemez középsíkjában dúsult foszformennyiség (4.ábra), amely ridegedést okozva gyengíti az anyagot. A vizsgálatok során összefüggő, nagy kiterjedésű zárványréteg nem volt megfigyelhető. Figyelemre méltó, hogy az acélnak mind a foszfor- mind a kéntartalma meglehetősen kicsi volt (0.019% és 0,011%).



3.ábra.
Töredezett mangánszulfid a töretfelületen



4.ábra.
Primer szövetkép; a hasadás környéke

4.ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Az irodalmi áttekintés, valamint az elvégzett vizsgálatok alapján a következő megállapítások tehetők:

- az anyag szilárdsági, képlékenységi és szívóssági tulajdonságait az észlelt felszakadások nem befolyásolták károsan,
- a fémtani vizsgálatok során a töretfelületen a felszakadások környékén nagy mennyiségű töredezett és négyszögletes MnS és CaMnS zárvány, valamint a lemez középsíkjában foszfordúsulás volt megfigyelhető,
- jelenség pontos okainak feltárása további összehasonlító vizsgálatokat igényel.

Irodalomjegyzék

[1] Bernhard Engl- Axel Fuchs: Macroscopic Features of Separations in Structural Steels Practical Metallography 17, !980 3.-13. oldal

[2] E. Hornbogen - K.D. Beckmann: Delamination Fracture of a Hot-rolled Microalloyed Structural Steel
Archiv Eisenhüttenwes. 47 1976/9 553.-558. oldal

[3] A. J. DeArdo: An Investigation of the Mechanism of Splitting Which Occurs in Tensile Specimens of High Stength Low Alloy Steels Metallurgical Transactions 1977/3 473.- 485. oldal

[4] G. E. Hicho - S. Singhal - L. C. Smith - R. J. Fields: Effect of Thermal Processing Variations of the Mechanical Properties and Microstructure of a Precipitation Hardening HSLA Steel HSLA Steels. Technology and Applications. ASM 1983 708. oldal

[5] G. R. Speich - D. S. Dabkowski: Effect of deformation in the Austenite and Austenite-Ferrite Regions on the Strength and Fracture Behaviour of C, C-Mn, C-Mn-Cb, and C-Mn-Mo-Cb Steels, The Hot Deformation of Austenite 557.-598. oldal American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1977

Mura Andrea , Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológia Tanszék, H-3515 Miskolc Egyetemváros
Tel: +46/365-111

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

GENETIKUS ALGORITMUS ÉS AZ FRP-ALUMÍNIUM-GUMI SZENDVICSTARTÓ DINAMIKUS CSILLAPÍTÁSI TÉNYEZŐJE

Bakk Norbert

Összefoglalás

A gyakorlati élet számos területén felbukkanó jelenség a rezgés. Autóval, busszal vagy más járművel utazva sokszor tapasztaljuk a motor vagy az úttestokozta berezgéseket a jármű legkülönbözőbb részein. Mi utasok még csak elviseljük valahogy a kényelmetlenséget, vannak azonban olyan gépek, berendezések, mint például a szerszámgépek, repülőgépszárny, számos elektronikai berendezés, ahol amennyire csak lehet el kell kerülni a szerkezeti részek berezgését. A rezgések kézbentartása, ellenőrzése nagyon fontos, mert az ellenőrizetlen, ellenőrizhetetlen rezgések a szerkezet idő előtti tönkremenetelét okozhatják, akár kifáradás, akár hirtelen bekövetkező töréssel. A legtöbb szerkezetet nem vizsgálnak meg dinamikai oldalról, csak a statikus terhelési eseteket veszik figyelembe. Ez számos esetben indokolt lehet, tekintettel a szerkezet nagy merevségére, stb., vékonyszelvényű rudaknál, lemezeknél, amelyek leginkább rezgésveszélyesek, azonban indokolt lehet az ellenőrzés. Ha az ellenőrzés kimutatja, hogy nemkívánatos vibráció jelentkezhet, akkor azt valahogy csökkenteni kell. A rezgéscsökkentés számos módja ismert:--- a rezgés okát meg kell találni, és csökkenteni forrásból származó rezgető erőt --- másik módszer, hogy megnöveljük a szerkezet merevségét. Ha egyik sem alkalmazható vagy nem vezet megfelelő eredményre, ekkor a szerkezet dinamikai csillapítása kerül előtérbe. A későbbiekben, bevezető jelleggel tárgyalom, a szendvicstartó dinamikai csillapítását, csillapíthatóságát.

A dinamikai csillapítás fajtái

Aktív csillapítás

Az aktív csillapításon, egy mért, ellenőrzött, majd csillapított rezgést értünk. A szerkezetünk különböző pontjaiba lehetnek beépítve az érzékelő elemek, például nyúlásmérő bélyeg, piezoelektromos gyorsulásmérő, stb. Ezek az érzékelők megfelelő elektromos jelet biztosítanak egy, akár mikrokompjuter által vezérelt kiértékelő központnak, amely kiad egy másik jelet a csillapító elemnek, hogy az ellenfázisban csillapítsa, vagy akár oltsa is ki a nemkívánatos rezgést. Problémát jelenthet azonban az ellenőrző, vezérlő algoritmust megtalálni a megfelelő helyet a csillapító elemnek; az elektromos erőforrás biztosítása, esetleg az elektromos jelek továbbítása is gondot okozhat.

Passzív csillapítás

Passzív csillapítás esetén mindig található egy részegység, beépítve a szerkezetbe, amely a csillapításért felelős. Ez a részegység azonban külső vezérlés által nem befolyásolható, csakis a szerkezet elmozdulása, belsőfeszültségi állapota stb. aktivizálja. A részegység a rezgési energiát legtöbbször hővé alakítja, ezáltal csökkentve a vibrációt. A szendvicstartóban a passzív csillapítást okozó részegység, a nyírásnak kitett gumiréteg.

Kényszerített-réteg csillapítás

Az alakváltozásra kényszerített réteg által előidézett csillapítás az 1950-es, 60-as években került előtérbe. Kerwn 1959, DiTaranto !967, Mead 1969 voltak az első alkalmazók. A kényszerített-réteg többnyire viszkoelasztikus anyag, amelyet merev rétegek közé helyeztek. A merev rétegek ellentétes irányú elmozdulása a viszkoelasztikus anyag nyírását idézi elő, amely a nyírási alakváltozás energiáját nagyrészt hővé alakítja. A kezdeti próbálkozások létező szerkezetek rossz rezgéscsillapítását próbálták ezzel a módszerrel javítani, nem sikertelenül.

Napjainkban, sok esetben már a tervezés részét képezi a megfelelő rezgéscsillapítás biztosítása. Az új szerkezeti anyagok-- és itt elsősorban a szálerősítéses anyagokra gondolok -- anizotróp tulajdonságukkal sokkal szélesebb teret biztosítanak a megfelelő szerkezeti konstrukció kialakításához, a jó rezgéscsillapítás elérése érdekében, mint az izotróp fémek.

Szálerősítéses anyagok

A szálerősítéses anyagon olyan anyagot értünk, amely legtöbbször két anyag felhasználását jelenti:a szál, vagy a szálakból szőtt szövet, ez a vázanyag és a szálakat összetartó kötőanyag. A legtipikusabb szálanyagok : üvegszál, szénszál, aramidszál, borszál, de nem zárhatjuk ki a különböző olcsó fém (acél) felhasználását sem. A legjellemzőbb kötőanyagok: szerves bázisú, kétkomponensű gyanták, mint az epoxigyanta, poliészter; gumi; itt sem zárjuk ki a fém alapmátrix felhasználását. A szálerősítéses anyagok szilárdsági szempontból inhomogén, anizotróp szerkezetnek tekinthetők.

Szálerősítéses anyag lehetőségei

Lehetőséget ad a tervezőnek, hogy önmaga határozza meg a szerkezet mechanikai jellemzőit. A vázanyag és kötőanyag (amelyek önmagukban, homogén, izotróp anyagok) mechanikai jellemzői, így a Young modulus és a Poisson szám ismeretében , bizonyos határok között változtatható az egyesített, szálerősítéses anyag mechanikai tulajdonságai.

A kereskedelemben beszerezhető alapanyagok:

1.egyirányú szálszövet gyantával átitatva (orthotróp)

2.szálból szőtt szövet, gyantával átitatva (megjegyzem, hogy az egymásra merőlegesen szőtt szálak eloszlása a két irányban legtöbbször nem azonos, legelterjedtebb a 25% egyik irányba, 75% a másik irányban, vagyis négy szálból 3 azonos irányban áll, egy pedig rájuk merőlegesen. Emiatt a szövetünk már orthotróp tulajdonságú.)

3.aprított szálhalmaz vagy szálpaplan, gyanta nélkül (izotróp)

4.gyanták(izotróp)

5.különböző szálak (izotróp, de általában nem használjuk alapanyagként)

A szál és kötőanyagot tartalmazó szöveteket tetszőleges irányítottsággal, sorrendben helyezhetjük egymásra. Az így kialakult rétegelt lemez mechanikai tulajdonságait, tehát a tervező alakítja ki. Egy adott terhelés hatására egy tetszőleges irányban a különböző rétegekben természetesen különböző feszültség fog kialakulni. Viszont a rétegek közötti felületek kapcsolódását tökéletesnek tekintjük. Ezen rétegelt lemez eredő mechanikai tulajdonságai irányfüggőek lesznek.

Dinamikailag csillapított szálerősítéses szerkezet

Egy tetszőleges szál nem szálirányban terhelve, a terhelés hatására a teher irányába próbál beállni. Ha egy viszkoelasztikus anyag egyik oldalára szöggel, másik oldalára - szöggel helyezzük el az egyirányú szálszövetet, a húzó terhelésnek kitett rétegelt szerkezetünkben a szálak a húzás irányába próbálnak beállni. A viszkoelasztikus anyagunk alsó és felső lapján a szálak elmozdulása ellentétes lesz, így a viszkoelasztikus anyag nyírása alakul ki.

A fentiekben leírt igen egyszerű jelenség, igen nagy lehetőséget kínál a megfelelő csillapítás elérése céljából. A kényszerített-réteg csillapítás egy olyan eszközhöz jut ezáltal, amellyel olyan helyen is előidézhetünk a szerkezetünkben jelentős nyirófeszültséget, ahol homogén, izotróp anyag alkalmazásával csak húzófeszültség produkálható.

Barett 1989-ben készítette az első csövet, amely ezt a jelenséget kihasználta. A cső három rétegből állt. Legbelső rétege a cső tengelyéhez képest szöggel feltekercselt kompozit, középső réteg egy viszkoelasztikus

anyag, a külső réteg pedig - szöggel feltekercselt kompozit. A csövet húzóterhelésnek kitéve a belső és a külső rétegek ellentétes irányú elcsavarodása a viszkoelasztikus réteg nyírását idézte elő.

Csillapított szendvicstartó

Kísérlet céljára két különböző csillapított és három csillapítatlan szendvicstartó próbatest lett elkészítve. Az első próbatest: két alumínium négyszögszelvény között gumiréteg (a gumiréteg a legnagyobb nyíró-igénybevételnek kitett helyre került). A második próbatest egy alumínium négyszögszelvény, alsó és felső övlemeze üvegszál-epoxigyanta, gumi, üvegszál-epoxigyanta erősítéssel

(a gumiréteg nem kerülhetett a tartó tengelyvonalára, ahol legnagyobb a nyírófeszültség, de a nem tengely-irányú üvegszál elrendezés ebben az esetben is a gumi nyírását idézi elő, az övlemez húzott illetve nyomott zónájában). A csillapítatlan próbatestek nem tartalmaztak gumireteget. Csillapítatlan 1. próbatest egyszerű alumínium négyszögszelvény, 2. próbatest alumínium négyszögszelvény körbetekercselve üvegszál szövettel, 3. próbatest alumínium négyszögszelvény alsó és felső övlemeze üvegszál erősítéssel.

A szendvicstartók csillapítási tényező értéke az Oberst-féle félteljesítmény-sávszélesség módszerrel lett meghatározva. A csillapított szerkezetek csillapítási tényezője egyértelműen nagyobb a csillapítás nélkülieknél, értékük a következő:

1=0.052, 2=0.0265, 3=0.0125, 4=0.0014, 5=0.012

, mely értékek az első sajátfrekvenciához tartozó csillapítás értékek.

Az üvegszál, mint alapanyag csillapítási tényezője 0.0027. Grafitszál csillapítástényezője 0.0017. Összehasonlításképpen a Kevlar 49 Áramid szál csillapítástényezője 0.015 az első sajátfrekvencián, mindenfajta speciális elrendezés nélkül, ezen tulajdonsága miatt kedvelt alapanyaga a repülőgépiparnak.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Farkas & Jármai: Tubular Structures VII, Balkema: Rotterdam 1996, 373-379

[2] Tsai & Hahn: Introduction to composite materials, Technomic: Lancaster 1980

[3] Hoa & Ouellette: Damping of composite materials, Polymer composites 1984, Vol.5, No4, 334-338

[4] Goto, Maekawa, Miyake: Analysis of vibration damping properties of hybrid composite with flexible matrix resin, Materials Science Research International 1996, Vol2, No3, 160-165

[5] Michalewicz: Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag 1994, New York

Bakk Norbert doktorjelölt hallgató

Miskolci Egyetem, Miskolc - Egyetemváros 3515

06/46/365-111/20-26

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

NYERSSZALAGOK HENGERLÉSE VAS ÉS ROZSDAMENTES ACÉLPOROKBÓL

Prezensky István

1. BEVEZETÉS

A fémporok feldolgozásának, vagyis a nyersdarabok elôállításának az egyik változata a hengerlés. Itt a port, két egymással szembe forgó henger közé adagolják, amelyek a súrlódási erôk hatására maguk közé húzzák és egy folyamatosan kilépô, kis vastagságú féltermékké sajtolják. A hengerelt szalag tömörsége kicsi és nyers állapotban még igen törékeny. A *nyers szalag vastagsága* (h_l) és *sűrűsége* (ρ_l) több tényezôtôl függ, melyek közül a fontosabbak hatását az alábbiakban ismertetjük.

A tömör fémek hengerlésével ellentétben, ahol a fém térfogata állandó marad, a fémporok hengerlésénél fellép egy nagyobb sebességnövekedés és egy térfogatcsökkenés. Ezáltal a hengerelt szalag sűrűsége a technológiai paraméterek fügvényében, valamint ezen a tényezôk egymásra gyakorolt hatásával változik.

2. A HENGERLÉSI SEBESSÉG ÉS A FÉMPOROK SZEMCSEFI-NOMSÁGÁNAK HATÁSA

A hengerlési sebesség változtatása erôssen befolyásolja a szalag tulajdonságait. A hengerlési sebesség növelésével csökken a hengerek közötti munkatérben található fémporra ható préselési idô. Egy bizonyos hengerlési sebességnél az örvényszerűen felfele kiáramló levegô nehezíti, vagy akár meg is akadályozhatja a por szabad bejutását a hengerek közé. Ennél nagyobb sebességnél megszűnik a hengerlés folyamatossága is. Gazdasági szempontból, természetesen, minnél nagyobb sebességgel érdemes hengerelni, amelyik nagy termelékenységet biztosít.

Ahhoz, hogy megvizsgálhassuk a különbözô paraméterek hatását a hengerlési folyamatra, a kisérletek során a szalagvastagságot (h_l), a hengerátmérôt (D) és a hengerfelületek minôségét nem változtattuk. Így

meg lehetett vizsgálni a *hengerlési sebesség* (v_l) hatását a szalag sűrűségére különbözô összetételű és finomságú fémporok vagy keverékek esetében. A kapott eredményeket az *1. táblázat* tartalmazza:

1. táblázat

A fémporszemcsék mérete	< 0,16		0,20 - 0,315		0,315 - 0,40	
[redacted]	7	3	15	9	15	9
Szalagsűrűség [g/cm³]	6,15	7,07	6,61	6,78	6,80	7,10
[redacted] változásnak megfelelő sűrűségváltozás	0,23		0,028		0,05	
Szakirodalom	[2]		[1]		[1]	

Az eredmények azt igazolják, hogy a finomabb szemcséjű porok esetében a szalag sűrűsége nagyobb mértékben módosul a hengerlési sebesség egységnyi változásával. A *2. táblázat*-ban a nyers szalag vastagságának és sűrűségének mért értékeit foglaltuk össze különbözô hengerlési sebességeknél, különbözô szemcseméreteknél, illetve a finomabbak esetében a száraz vagy a megnedvesített porokra vonatkozóan.

2. táblázat

A hengerelt fémporok és ezek finomsága	Fe < 0,16 száraz		Fe < 0,16 nedves		Fe < 0,40 száraz		Fe-Cr-Ni < 0,16 száraz		Fe-Cr-Ni < 0,16 nedves	
A hengerlési sebesség [m/min]	7	3	3	1	15	*9*	*11*	*7*	*11*	*7*
A nyersszalag sűrűsége [g/cm³]	6,80	7,07	6,1	6,9	6,65	*6,85*	*6,45*	*6,81*	*6,69*	*6,76*
A nyersszalag vastagsága [mm]	0,85	0,95	0,68	0,85	0,99	*1,06*	*0,87*	*1,05*	*0,95*	*1,03*
Szakirodalom	[2]		[3]		[1]		[1]		[1]	

A mért értékek is igazolják, hogy a hengerlési sebesség csökkenésével a nyers szalag vastagsága és sűrűsége a finomabb porok esetében jobban nô. Habár a rozsdamentes acélporok préselhetôsége kisebb mint a tiszta vasporoké, a nyers szalagok sűrűség- és vastagságnövekedése nagyon közel állóak.

Ha nedvesített fémporokat hengerlünk (például alkohollal) vagy a munkahengerek felületére kenôanyagot juttatunk, elsôsorban a súrlódási együttható értékének csökkenése miatt, csökken a hengerelt nyers szalag vastagsága és sűrűsége.

3. A HENGERLÉSNÉL FELLÉPŐ ERŐK ÉS NYOMATÉKOK

Egy adott hengerművön legyártható termékek meghatározásánál ismernünk kell a hengerlés közben fellépô erôket és nyomatékokat. Ezeket az adatokat kiszámíthatjuk a meghajtómotor által felvett teljesítmény értékébôl. A vas és rozsdamentes acélporok hengerlésénél az *1 mm* vastagságú és *6,8 g / cm³* sűrűségű nyersszalagok esetében mért értékeket a *3. táblázat* tartalmazza [1]:

3. táblázat

A fémpor mérete és finomsága		*A hengerlési erő kN-ban*	*A hengerlési nyomaték Nm-ben*
		1 mm -es szalagszélességre számolva	
Fe	< 160 µm	2,315	13,439
Fe	0,20 - 0,315 µm	2,256	13,145
Fe	< 400 µm	2,158	12,949
Fe-Cr-Ni	< 160 µm	4,120	24,32
Fe-Cr-Ni (nedves)	< 160 µm	3,973	23,54

Ezekbôl az eredményekbôl következik, hogy a rozsdamentes acélporok hengerlésénél az erôk illetve a nyomatékok *70...90 %* -kal nagyobbak mint az azonos finomságú vasporok esetében.

A szalagvastagságot *1 mm*-rôl *1,8 mm*-re növelve, a *4. táblázat*-ban közölt adatok alapján megállapítható [1], hogy a hengerlési erôk és a nyomatékok körülbelül *54 %* -kal növekednek, a villanymotor áramfogyasztása pedig *85 %* -kal lesz nagyobb.

4. táblázat

A fémpor típusa	Fe - Cr - Ni (nedves) < 160 µm	
A henger átmérője [mm]	200	
[redacted]*ge [g / cm³]*	6,9	
[redacted]	1,0	1,8
Heng[redacted] *szalagszélességre számolva [kN]*	4,473	6,916
Hengerlési nyomaték 1 mm -es szalagszélességre számolva [Nm]	*24,91*	*38,45*
Az áramszükséglet 1 mm -es szalagszélességre számolva [A]	*0,80*	*1,48*

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Körülbelül 200 mm átmérôjű hengereket használva, a *0,40 mm*-nél finomabb szemcséjű vasporból, közvetlen hengerlés útján, maximálisan *7,3 g / cm*^{3} sűrűségű és *1 mm* vastagságú nyers szalagot lehet hengerelni. Ennél nagyobb sűrűséget nem tanácsos megvalósítani mert a nyers szalagon repedések jelennek meg.

A finom szemcséjű porok esetében (< *160* μ*m*), az elôírt szalagvastagság és tömörség állandó szinten tartásához, a hengerlési sebesség nem lépheti túl a *10 m / min* értéket. Ennél nagyobb sebességeknél a hengerlési folyamat megszakad.

SZAKIRODALOM:

[1] HÜBNER, G., KUZMOWICZ, J., LIETZMANN, K - D., KALNING, I.: *Grünbandherstellung durch Kaltwalzverdichten metallischer Pulver,* Leipzig, Neue Hütte, 25. Jahrgang, April 1980, pag. 121-126.

[2] PREZENSKY, I.: *Rezultate experimentale la laminarea pulberilor metalice pe bază de fier si pe baza unor metale neferoase,* Referat de doctorat nr. 2, Cluj-N, 1996.

[3] x x x : *Realizarea tehnologiei de fabricatie pentru obtinerea benzii sinterizate, necesară confectionării contactelor anodice utilizate în fabricatia cinescoapelor,* Raport IPC-N pentru contract de cercetare cu I. Cinescoape Bucuresti, Cluj-N, 1976.

Prezensky István, okleveles gépészmérnök, doktorandusz

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

tel. / fax. 064 - 199490

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

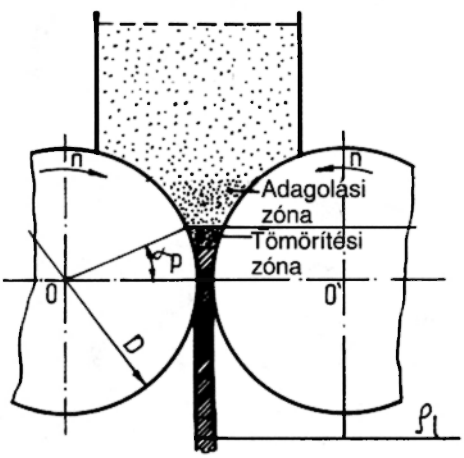
Kolozsvár, 1997, március 21-23

ADALÉKOK A FÉMPOROKBÓL HENGERELT TÖBBRÉTEGŰ PLATTÍROZOTT VAGY FÉMHÁLÓVAL ERŐSÍTETT SZALAGOK GYÁRTÁSÁHOZ

Prezensky István

1. BEVEZETÉS

A fémporok hengerlésénél szükséges a geometriai, mechanikai és fizikai paraméterek hatásának az ismerete. A félkész- és késztermékek előírt tulajdonságai határozzák meg a technológai folyamat jellegét. Ugyanakkor ismerni kell a hengerlés során fellépő tényezők és a felhasznált fémporok tulajdonságai közötti összfüggéseket is.

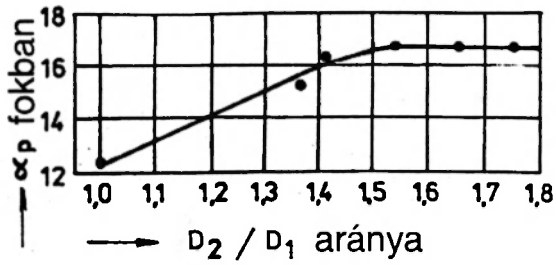


A tömörítési zónában a sűrűség folyamatos növekedésével a fémpor porózus testté alakul és eléri a nyers szalag sűrűségét. Az adagolási és tömörítési zóna közötti síkot az α_p *hengerlési szög* határozza meg (1.ábra) [2]. A hengerlési szög a külső (fémpor - munkahenger) és belső (fémporszemcsék közötti) súrlódási erők, a szalag vastagsága és más tényezők függvénye.

A tömörítési zóna többnyire szimmetrikus és formáját az azonos átmérőjű hengerek határozzák meg. Az egyik henger átmérőjét változtatva, az alábbiakban ennek hatását is vizsgáljuk. Az átmérő növelésével nő a hengerlési szög értéke, valamint a tömörítési zóna nagysága (amelyik már lehet nem szimmetrikus is). Ezáltal megnő a nyers szalag vastagsága, amit a kisérleti eredmények is igazolnak.

A megvalósított hengerléseknél általában 0,40 mm-nél finomabb vasport használtak [1]. A függőleges hengerlésnél az egyik henger $D_1 = 170\ mm$ és $D_2 > D_1$. A hengerekre felszerelt tenzometriai bélyegek segítségével mért felületi feszültség értékéből kiszámítható a hengerlési szög. A *2.ábrán* látható a hengerlési szög változása a két hengerátmérő arányának függvényében. A kisérleti eredmények

alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy ha a $D_2 > 1,5\ D_1$, a tömörítési zóna nagysága már nem nő tovább, illetve a hengerlési szög *10°30'...13°* értékről megnő *15°...17°30'*-re.



2.ábra A hengerlési szög változása a két henger-átmérő arányának függvényében [4]

2. TÖBBRÉTEGŰ PLATTÍROZOTT SZALAGOK

A szimmetrikus tömörítési zónájú porhengerlés egyik sajátos esetének tekinthető a kétoldalról vékony fémporréteggel burkolt, hengerelt lemezek és szalagok gyártása. Ebben az esetben a D_2 / D_1 arány értékét végtelennek lehet tekinteni, mivel itt az elválasztó tömör fémszalag tulajdonképpen, két félszimmetrikus tömörítési zónát alakít ki.

A két fenntemlített, szimmetrikus tömörítési zónával rendelkező hengerlési esetre, vasporral végzett kísérletek eredményeit az *1. táblázat* [4] tartalmazza:

1. táblázat

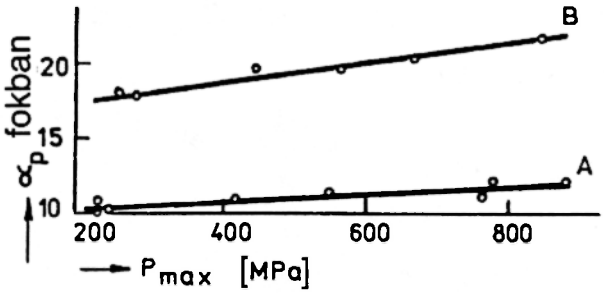
A eset				B eset			
$D_2 = D_1$				$D_2 / D_1 = \infty$			
h_l [mm]	ρ_l [g/cm³]	α_p [°]	P_{max} [Mpa]	h_l* [mm]	ρ_l [g/cm³]	α_p [°]	P_{max} [Mpa]
0,96	7,08	12,0	900	1,50	6,97	21,8	842
1,18	6,66	11,6	550	1,47	6,86	20,0	722
1,20	6,13	11,0	416	1,57	6,74	20,2	660
1,46	5,26	10,7	234	1,62	6,49	19,0	530
1,47	5,21	10,0	234	1,75	6,23	18,7	455

* a plattírozott nyersszalag vastagsága magában foglalja a tartólemez vastagságát is

A mért eredményekből az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- a *B eset*-ben a *hengerlési szög* értéke *18°40'...21°50'*-re nőtt az *A eset*-ben mért *10...12°*-hoz képest;
- a *nyersszalag sűrűsége* (ρ_l) és a hengerekre ható *maximális fajlagos felületi nyomás* (P_{max}) értéke nem változik számottevően, csupán a *szalag vastagsága* (h_l) nő meg a plattírozott szalagok gyártásánál.

A 3. ábrán látható görbéket az 1. táblázatban szereplő értékek alapján állították fel.

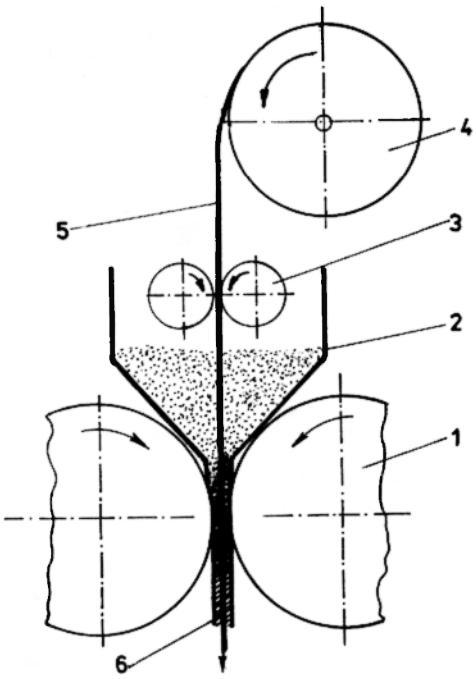


3.ábra. A hengerlési szög értéke a maximális fajlagos felületi nyomás függvényében

3. FÉMHÁLÓKKAL ERŐSÍTETT POROZUS SZALAGOK

A vékony és nagyon vékony nyersszalagok gyártásánál nehézséget jelent a nyersszalagoknak a munkafázisok közötti szállítása, illetve a szinterezéshez szükséges átmérőre való felcsévélése, amennyiben a használt fémporok, vagy keverékek plaszticitása kicsi, vagy majdnem nullával egyenlő.

Ezeket a műszaki nehézségeket a fémporoknak fémhálóra való hengerlésével lehet kiküszöbölni. Az így kapott félkész, vagy késztermékek lehetnek bimetáll (egy réteg por és egy háló), trimetáll (egy réteg por két háló között), vagy többrétegű plattírozott szalagok (egy vagy több hálószövettel).



4. ábra A fémhálóval erősített nyersszalagok hengerlése

A fémháló(k)ra a fémporrétege(ke)t hengerlés útján sajtoljuk rá. Ezt a műveletet követi a fémhálóval erősített nyersszalagok szinterezése és újrahengerlése amennyiben ez szükséges. Az így gyártott, fémhálóval erősített porózus szalagok jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek és az útólagos megmunkálások (kivágás, hajlítás, lemezhúzás, felgöngyölés stb.) követelményeinek is eleget tesznek.

A kisérletek során [3] olasz, *Fersint 212 / 2,9* típusú vasport hengereltünk *0,2 mm* átmérőjű acéldrótból fonott *1 mm*^{2} szemű szitaháló́ra. A *Kolozsvári Műszaki Egyetem* laboratóriumában található hengermű *D = 170 mm* átmérőjű hengerekkel van felszerelve. A kisérletek során v_l = *3,2 m / min* hengerlési sebességnél *30 mm* széles és *1,5 mm* vastag, fémhálóval erősített nyersszalagot gyártottunk. Az azonos hengerlési feltételek mellett gyártott, háló nélküli nyersszalag vastagsága pedig *0,9 mm* volt. A fémhálóval erősített nyersszalagok hengerléséhez szükséges berendezés rajza a *4. ábrán* látható a következő jelölésekkel:

1. - munkahengerek;
2. - adagoló tölcsér;
3. - hálóadagoló hengerek;
4. - hálótartó dob;
5. - fémháló;
6. - fémhálóval erősített nyersszalag.

A *4. ábrán* bemutatott berendezés kisebb módosításával akár bi- vagy trimetáll szalagok is hengerelhetők

4. FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEK

A többrétegű és fémhálóval erősített nyersszalagok elméleti fejlesztésével és a gyártástechnológia során fellépő problémák megoldásával vékony, illetve nagyon vékony szinterezett szalagok és lemezek is előállíthatók. Különböző típusú fémporok és fémporötvözetek különböző anyagú fémszalagok, lemezek, vagy hálószövetek kombinálásával kiszélesíthető a hengerelt termékek alkalmazási területe.

Néhány példa illusztrálhatja a sokirányú felhasználási lehetőségeit ezen termékeknek [3]:

- nagyon vékony és nagy áteresztőképességgel rendelkező szűrőlemezek, amelyeket az eddig ismert és alkalmazott technológiákkal nem lehetett legyártani;
- fémhálóval erősített porózus lemezek nagyteljesítményű akkumulátorelektródákhoz;
- növelt kapacítású galvánelem-elektródák;
- bimetáll (kettősfém) szalagok, fémhálóval erősített önkenő fémréteggel hengerelt acélszalagok súrlodócsapágyak gyártásához;
- fémhálóval erősített hengerelt fémporkeverék vagy más súrlodó anyagok fékek, kuplungtárcsák gyártásához és
- más, nagyporózitású anyagok.

SZAKIRODALOM:

[1] KATASHINSKY, V.P., VINOGRADOV, G.A., RUKHAILO, N.V., KOVALENKO, Ju.I.: *Effect of Deformation Zone Configuration on Formation of Powdery Rolled Metal*, Poroskovaja metallurghia, Kiev, 1976 nr. 3, pag. 31-35.

[2] PREZENSKY, I.: *Teoria laminării pulberilor metalice si a semifabricatelor poroase,* UTC-N, Cluj-N, Referat de doctorat nr. 1, 1995.

[3] PREZENSKY, I.: *Rezultate experimentale la relaminarea semifabricatelor în vederea modificării proprietătilor produselor finite. Câteva propuneri de aplicatii industriale ale produselor laminate,* UTC-N, Cluj-N, Referat de doctorat nr. 3, 1996.

[4] VINOGRADOV, G.A., KATASHINSKY, V.P.: *Teoria listovoi prokatki metalliceskih poroskov i granul,* Metallurghia, Moscva, 1979.

Prezensky István, okleveles gépészmérnök, doktorandusz

CARGOTRANS ROMANIA K.F.T., Kolozsvár, Motilor u. 1 / 31 tel. / fax. 064 - 199490

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

TERMOREAKTÍV MŰANYAG ALKATRÉSZEK VISELKEDÉSE PRÉSELÉSSEL TÖRTÉNŐ IGÉNYBEVÉTEL HATÁSÁRA VÁLTOZÓ TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK ESETÉN

Gergely István

1. A próbadarabok előállítása:

A későbbiekben nyomóigénybevételnek kitett próbadarabokat hőre keményedő-úgynevezett termoreaktív műanyagokból, pontosabban melamin porból állítottam elő préseléssel az 1. ábrán bemutatott bélyeggel.

A tabletta préseléssel történő előállításánál használt technológiai paraméterek a következőek voltak:

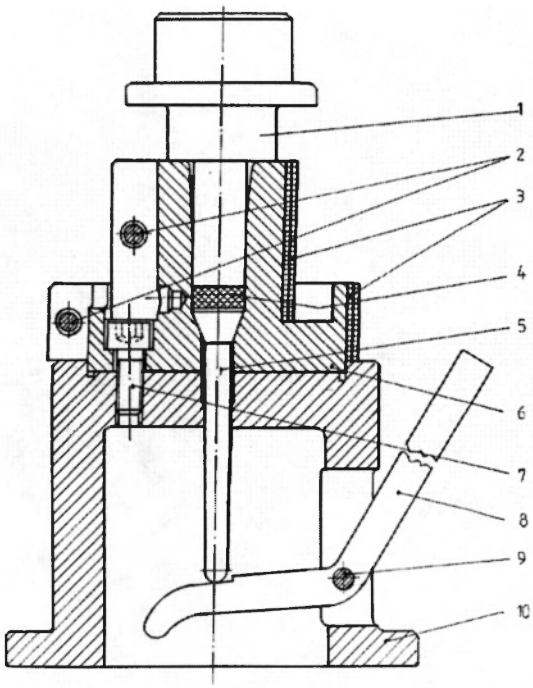
- a préselés időtartama: 2 perc
  - az időtartamot kronométerrel mértem
- *hőmérséklet:* *változó (140, 160, 180, 200 °C)*
  - a hőmérsékletet elektromos hőszabályozóval változtattam
- *nyomás:* *változó (20, 25, 30, 35 bar)*
  - a nyomást olajpompa segítségével szabályoztam

Mindegyik tabletta préselése 2 percig tartott, állandó hőmérsékleti érték mellett változtatva a nyomást a fenti értékek szerint. Mindegyik hőmérsékleti érték esetén változtattam a nyomás értékét, így minden egyes hőmérsékleten 20-20 tablettát állítottam elő (4 nyomásérték, minden nyomás esetén 5 tabletta).

Termoreaktív műanyag alkatrészek préseléssel történő előállítása estén egyik legfontosabb tényező a *hőmérséklet,* amelyet állandó értéken kell tartanunk; e célból elektromos hőszabályozót használtam.

A pontosan lemért melaminport az előmelegített fészekbe helyeztem, ahol a magas hőmérséklet és nyomás hatására a melaminpor megolvadt és-a termoreaktív műanyagokra jellemző szerkezeti változásokon ment keresztül, melynek eredményeként homogén összetételű rigid pasztillákat nyertem.

A pasztillák mérete f 16x6 mm volt.



1. ábra: A pasztillák préseléssel történő előállítása

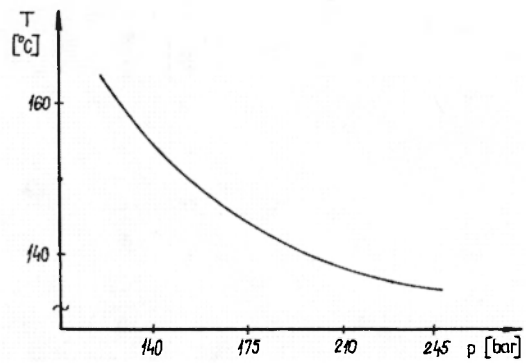
A préselt tabletták a változó technológiai paraméterek alapján más-más jellegzetességgel bírtak:

- az alacsony hőmérsékleti és nyomás értékeken préselt tabletták felülete durva volt
- magasabb hőmérséklet és nyomás esetén a préselt tabletták finom, fényes felületűek voltak
- a 180 °C-on préselt tabletták bélyeggel határos felülete púpozott volt - a forró levegő eredményeként, amely ilyen irányban kényszerült távozni a zárt térből.

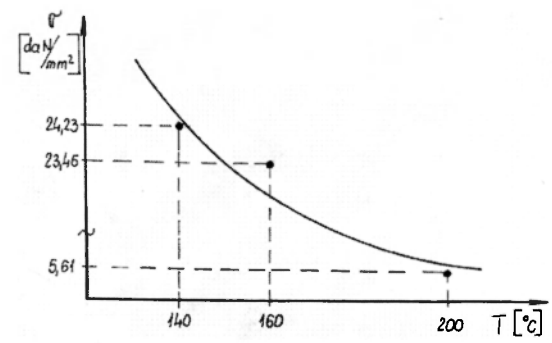
3. A tabletták terhelése:

A préselt tablettákat az *INSTRON 3710-016* kísérleti gépen nyomóigénybevételnek vetettem alá, a tabletták töréséig növelve a terhelést. A terheléssel egyidőben a gép elkészítette a terhelési diagrammokat, amelyek alapján kiszámolhattam a fajlagos alakváltozást (e_i-%) és a töréshatárt jelépező szakítószilárdság (s_i) értékeit.

Utólag felállítottam a nyomás-hőmérséklet (p-T), majd a hőmérséklet-feszültség (T-s) jelleggörbéket (2. a, b ábra):



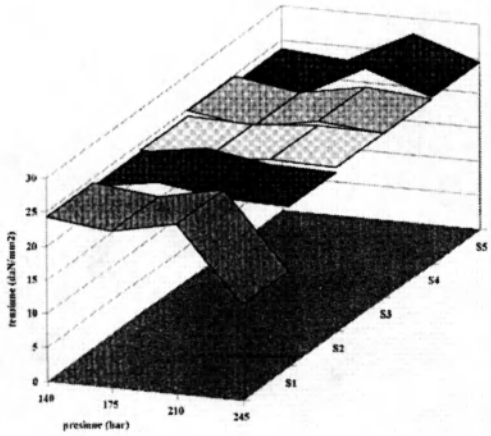
2. ábra: a) nyomás-hőmérséklet jelleggörbe



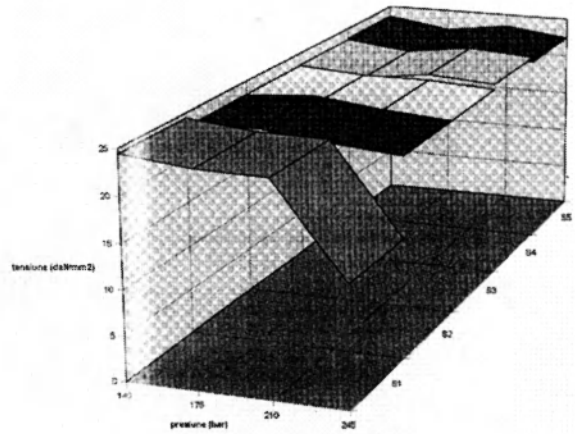
2. ábra: b) hőmérséklet-feszültség jelleggörbe

4. Az eredmények kiértékelése:

A mérési eredmények csoportosítása és tábázatba foglalása után számítógépes adatfeldolgozás útján elkészítettem a nyomás-feszültség jelleggörbét a négy hőmérsékleti érték esetén (140, 160, 180, 200 °C):



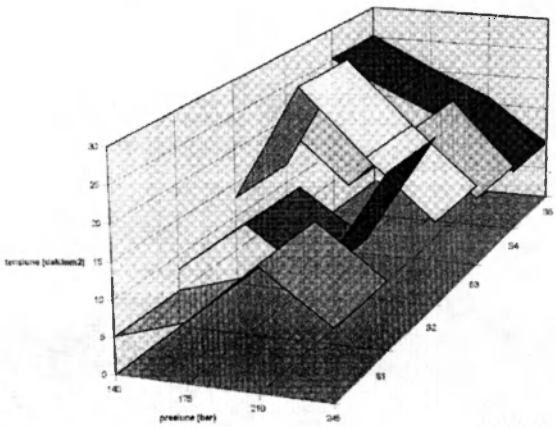
3. ábra: Nyomás-feszültség jelleggörbe (T=140 ^{o}C)



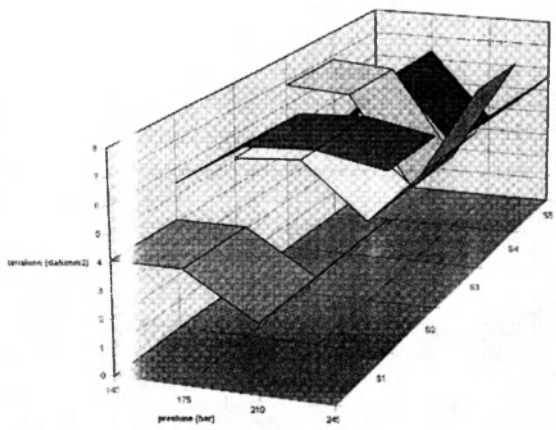
4. ábra: Nyomás-feszültség jelleggörbe (T=160 ^{o}C)

A fenti diagrammok alapján a következő következtetéseket vonhatjuk le:

- A legjobb eredményeket 140 ^{o}C-on értük el (a legnagyobb szakítószilárdság érték s_{max}=27,74 daN/mm^{2}, ugyanakkor itt alegnagyobb az átlagos szakítószilárdság értéke)
- A legkompaktabb feszültségintervallumot 160 ^{o}C-on értük el: s_{140}= s_{max}-s_{min}=2,25 daN/mm^{2}, s_{160}= s_{max}-s_{min}=2,04 daN/mm^{2}
- A kísérleti eredmények legnagyobb szórását 180 ^{o} C-on kaptam (s_{180}=24,73 daN/mm^{2}), ezeket a hőmérséklet és a nyomás értékei hibás beállításának tulajdonítottam.
- A legalacsonyabb szakítószilárdság-értéket 200 ^{o}C-on kaptam (a melaminpor magas hőmérséklet okozta időelőtti kiszáradása, amely megakadályozta az anyag kompaktizálódását).



5. ábra: Nyomás-feszültség jelleggörbe (T=180 ^{o}C)



6. ábra: Nyomás-feszültség jelleggörbe (T=200 ^{o}C)

Végső következtetések:

A hőmérséklet és a nyomás együttesen befolyásolják a tabletták szakítószilárdságát.

Így az alacsonyabb hőmérsékleten (T=140 °C) és magasabb nyomáson (p=30-35 bar) préselt tabletták ugyanolyan ellenállóak voltak mint a magasabb hőmérsékleten (T=160 °C) és alacsonyabb nyomáson (p=20 bar) préseltek.

Tehát az optimális körülményeket alacsonyabb hőmérsékleten a nyomás növelésével, magasabb hőmérsékleten a nyomás csökkentésével lehet elérni.

Irodalomjegyzék

[1] Miclăuş şa., „Album de matrite pentru materiale plastice", Ed. Did. şi Pedag., Bucureşti, 1974.

[2] N. Goldenberg şa., „Prelucrarea maselor plastice".

[3] N. Leikin şa., „Proiectarea formelor de presare a pieselor din mase plastice", Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1964.

[4] C. Ciocîrdia şa., „Tehnologia presării la rece", Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1991.

[5] C. Seltea şa., „Materiale plastice în constructia maşinilor", Ed. Tehnică, Bucureşti, 1966.

[6] S. Horun şa., „Memorator de materiale plastice", Ed. Tehnică, Bucureşti, 1970.

Gergely István / okl. gépészmérnök, SC. UNIREA SA. / P-ta 1 Mai nr. 1-2,
Tel.: (00 40) 64-437 120 / 205, Fax: (00 40)-64-437 125

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Csővezetékek tervezési földrengésének meghatározása

Szűcs László - Valenta László

Bevezetés

Annak ellenére, hogy a szerkezetekeinket nagyon sok különböző forrásból származó dinamikus terhelések - szél, hullámzás, gépjármű mozgása - érhetik, kétségkívül a földrengésnek van a legnagyobb jelentősége. A földrengések következményeinek jelentősége a sűrűn lakott területeken a legnagyobb. Korunkban azonban a földrengés-állósági problémák már nemcsak a közvetlenül veszélyeztetett területeken merülnek fel. Az atomenergia-ipar számára készülő tervek elkészítése során egyre szigorúbb szeizmikus kritériumokat kell kielégítenie a tervezőknek. Ezen igények miatt fokozott érdeklődés övezi a szerkezetek dinamikájával foglalkozó elméleti megfontolásokat ill. azok gyakorlati alkalmazásait. A földrengések rendszeresen kihozzák a szerkezet tervezése és gyártása során elkövetett hibákat, s ez teszi igazán nagy kihívássá a tervezésnek ezt a válfaját.

A tervezés nélkülözhetetlen alapja maga a földrengés. A földrengések és működési mechanizmusuk részletes vizsgálata a geológia területéhez tartozik, de most egy másik szemszögből vizsgáljuk a problémát. A geológusok elsősorban globális ill. a hosszú távú hatásait vizsgálják a földrengéseknek, ebből következik, hogy a kis amplitúdójú földmozgásokkal foglalkoznak, melyek a szerkezetekre nincsenek jelentős hatással. A tervező másrészről főleg a nagy földrengések lokális hatásaiban érdekelt, amikor a földmozgások elég nagyok ahhoz, hogy a szerkezetekben kárt okozzanak. Ezek az un. *strong-motion earthquakes*, melyek túl erősek ahhoz, hogy az általános földrengésjelző műszerek rögzíthessék őket. Ezért kellett kifejleszteni a szeizmográfok egy speciális típusát, mely alkalmas erre a feladatra. Mindamellett, hogy a mérnök a geológusétól eltérő szemszögből vizsgálja a földrengéseket, sok szeizmológiai téma tartozik a közvetlen érdeklődésébe.

A földrengés

Nagyon sok egymástól eltérő elmélet született arra vonatkozóan, hogy a földkéreg alatt milyen törvényszerűségek szerint keletkeznek a földrengések. A jelen téma szemszögéből nézve a problémát elegendő megállapítani, hogy a földrengések alapvető okai a tektonikus folyamatok, melyek hatására napjainkban is változik a Föld felszíne.

Nyilvánvalóan, ha egy szerkezet tervezett élettartama ötven év, akkor ezen élettartam többszörösére visszamenőleg rendelkezésre kell állniuk a földrengések előfordulását rögzítő statisztikáknak ahhoz, hogy a földrengések valószínűségét meg lehessen határozni a tervezett élettartamra. Az utóbbi néhány évben készülnek ún. földrengés térképek, melyekről leolvasható hogy az adott területen milyen valószínűséggel következik be földrengés megadott időn belül.

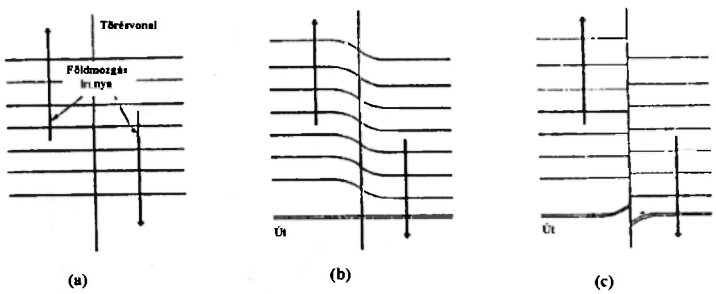
Az amerikai kontinensen a földrengések szempontjából legaktívabb terület a kaliforniai partvidék, mely a Szent András törésvonal mentén helyezkedik el. Ez a törésvonal és a belőle kiinduló kisebb törésvonalak voltak a felelősek a Kaliforniában bekövetkezett földrengések nagy részéért, közöttük az

emlékezetes 1906-os San Franciscói földrengésért is. Napjainkban ez a terület a legaktívabb és a legtöbbet vizsgált része a Földnek.

Az itt elvégzett vizsgálatok és mérések nagyban hozzájárultak a földrengések kialakulásának megértéséhez. A geodéták mérései szerint a törésvonal nyugati oldala mintegy 5 cm/év sebességgel mozog északi irányban a keleti oldalhoz képest. Ez az elmozdulás nemcsak a földrengések során kialakuló törésekből adódik, hanem a köztes időszakban mintha *kúszna* a tektonikus lemez.

A földrengések rugalmas visszatükröződésének elmélete

Az 1906-os San Francisco-i földrengés tapasztalataiból kiindulva H. F. Raid azt a következtetést vonta le, hogy a földrengések a valamiképp összefüggésben állnak a törésvonalakkal. Raid kutatásai - melyek az 1906-os földrengés nagy amplitúdójú nyíró elmozdulásaival foglalkoztak - bizonyították, hogy a földrengések rezgési energiája a földkéregben felhalmozott rugalmas energia felszabadulásából adódik és ezzel magyarázható a földkéreg nyíró jellegű törése. Az elmélet alapvető gondolatmenetének megértését segíti elő a 3-1 ábra.



A törésvonal középen látható és tegyük fel, hogy a bal oldal észak felé mozog állandó sebességgel úgy, ahogy a Szent-András törésvonal esetén. Ha a törésvonalra merőlegesen kerítések sorát építenénk fel (3-1/a), akkor azok az 3-1/b ábrán látható módon deformálódnának. Ugyanezen az ábrán látható egy út is amelyet a kerítésekhez képest később építettek. Természetesen a tektonikus lemezek mozgásából adódó - a földkéregben ébredő feszültség - egy idő után eléri a határértéket és ekkor a törésvonal néhány pontján repedések indulnak meg, amelyek gyorsan terjednek. A földrengés utáni állapot az 3-1/c ábrán látható. A feszültségmentes alapra épített kerítések kiegyenesedtek, míg a később épített műút vonala lokálisan görbült.

Földrengés hullámok

A töréskor két alapvetően különböző hullám keletkezik. A dilatációs hullámokat szokás elsődlegesnek is nevezni, mert gyorsabbak a nyíró hullámoknál, melyeket az előzőeknek megfelelően másodlagosnak neveznek. A földrengésfigyelő állomásokon a két hullámfajta áthaladása között eltelt időből, a hullámok terjedési sebességének ismeretében, a földrengés keletkezési helyének távolsága meghatározható. A földrengést a világon több állomáson is észlelik az adatok egyeztetése után meghatározható a pontos helye. Mivel csak a törés közvetlen közelében okoz a földrengés károkat az épületekben és ebben a körzetben a földrengések felfoghatók pontszerű törések sorozataiként.

A földrengés nagyon sok ilyen apró forrásból ered, melyek különböző helyen, különböző időben jönnek létre és ezek eredőjét tudják a mérőműszerek rögzíteni. Érdemes megemlíteni, hogy a geológusok a földrengés epicentrumát az első törés helyének a Föld felszínére vett vetületeként definiálják.

A földrengések karakterisztikájának mérése

A mérnök szempontjából a földrengésnek a szerkezetekre gyakorolt hatása az érdekes. A földrengés pusztító hatása nem csak a földrengés "méretétől" függ. A földrengés nagyságát a geológusok a felszabaduló energiához kötik és numerikusan a magnitúdóval fejezik ki. A magnitúdó a maximális amplitúdó - mikrométerekben, Wood-Anderson-féle szeizmográffal

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

Egyenlet 5-1

mérve, 100 km-es távolságra vonatkoztatva - tízes alapú logaritmusa. A gyakorlatban azonban az 5-1 összefüggést alkalmazzák, ahol E a felszabaduló energia és M a magnitúdó.

A mérnökök szempontjából azonban fontosabb az a tény, hogy az 5-ös magnitúdónál kisebb földrengések nem okoznak kárt a szerkezetekben. A magnitúdó azonban nem definiálja egyértelműen a földrengés erősségét, ezért definiálják a földrengés intenzitását, mely az epicentrumtól távolodva csökken. Az intenzitás mérőszáma a földrengés során keletkezett károktól függ. Az USA-ban a Módosított Mercalli skálát használják, melyen az I. -es a legkisebb földrengés, csak a műszerek érzékelik és a XII.-es a legnagyobb, ami totális pusztulást okoz. A megfigyeléseket ún. izoszeizmikus térképeken ábrázolják.

A földrengésálló szerkezetek építéséhez szükséges a földrengés időbeli lefolyásának ismerete. Az első ilyen információt a USA-ban telepített földrengésjelző hálózat adta. A diagramok információt adnak az amplitúdóról, a frekvenciáról és a földrengés időtartamáról. Az így kapott adatok azonban nem elég pontosak ahhoz, hogy megállapítható legyen, hogy a földrengés mekkora kárt okoz.

Sokkal pontosabb eredményt kapunk, ha a vizsgálatot egy szimpla oszcillátoron végezzük el. A SDOF szerkezet válaszát a megadott gyorsulás-idő függvényre egy Duhamel- integrál fejezi ki. Ha élünk azzal a gyakorlati megfigyeléssel, hogy a szerkezet csillapítása kisebb, mint a kritikus csillapítás 20%-a valamint a csillapított és csillapítatlan saját frekvenciák nagyon közel esnek egymáshoz.
Végül, ha a földhöz képest a maximális elmozdulás érték az intenzitás mérőszáma, akkor a maximum kifejezhető

$$x_{\max} = \frac{S_v}{\omega}$$ formában, ahol $$S_v(\xi,\omega) = \left[\int_0^t \ddot{x}_g(\tau)\cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)}\sin\omega(t-\tau)d\tau\right]_{\max}$$

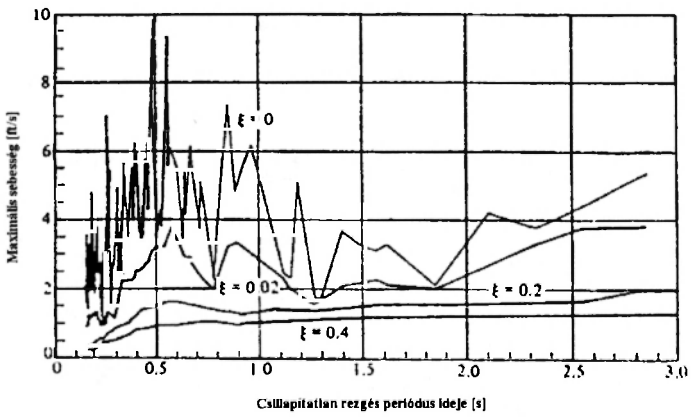
Egyenlet 5-2 Egyenlet 5-3

S_v a SDOF szerkezet spektrális sebesség-válasza.

Mint az 5-3 egyenletből látszik az S_v függ a szerkezet csillapításától és a frekvenciától. Így tetszőleges, előre definiált gerjesztésre az adott szerkezet esetén S_v a teljes frekvencia tartományon számítható. Ha ez így kapott értékeket a frekvencia függvényében ábrázoljuk, akkor kapjuk a szerkezet sebesség-válaszspektrumát. Ebben a diagrammban a csillapítás paraméterként szerepel.

Természetesen definiálható a szerkezet spektrális-elmozdulás és spektrális-gyorsulás válasza is.

Ha a három mennyiséget egyetlen diagrammban ábrázoljuk logaritmikus skálán, akkor megkapjuk a földrengés egyik komponensének válasz-spektrumát (5-1 ábra).



Ábra 5-1 Sebesség-válaszspektrum, El Centro 1940. május 18.(Észak -Dél komponens)

Az 5-1 ábrán látható diagramm megadja, hogy a SDOF rendszer hogyan reagálna az adott földrengésre. (A diagram alkalmazásának határt szab a szerkezet viselkedése, ugyanis nonlineáris esetben nem használható.) Mivel a válasz-spektrum a szerkezet maximális elmozdulását adja meg különböző frekvencián, a függvény integrálja valószínűleg a legjobb mérőszáma az intenzitásnak.

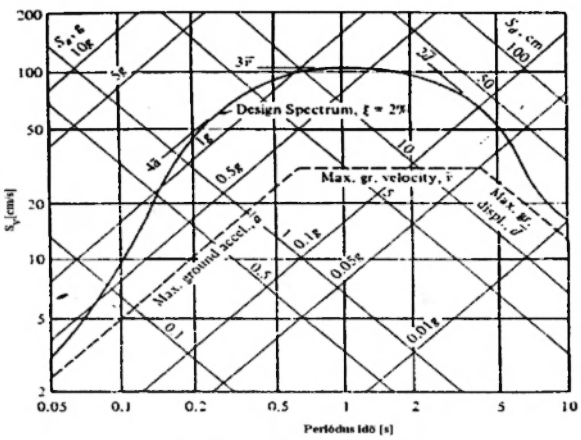
A tervezési földrengés kiválasztása

A tervező mérnök szempontjából a legfontosabb információ az a spektrum, melyet a szerkezet tervezésekor alapul kell vennie. Mivel a földrengések extrém terhelést jelentenek, azonban a tervezett

élettartam alatt igen kicsi a valószínűsége egy földrengésnek, a tervezőnek egy két pontból álló kritérium rendszert kell figyelembe vennie.

I. Egy kisebb földrengés valószínűleg be fog következni a szerkezet élettartama alatt és annak minden károsodás nélkül el kell azt viselnie.

II. Egy erősebb földrengés valószínűsége igen kicsi, a tervező gazdasági megfontolások miatt kénytelen elfogadni, hogy ebben az esetben a szerkezet komolyabb sérüléseket szenved, de az alapfunkcióját nem veszítheti el.



Ábra 6-1 Tervezési válaszspektrum

A tervezési földrengés spektrumának meghatározásához szükséges a régió földrengés-történelmének a lehetőségekhez képest legpontosabb ismerete. A földrengések ismétlődésének statisztikai becslése azonban csak durva közelítést ad, ezért meg kell még vizsgálni a régió geológiai szerkezetét is. Ezen vizsgálatok eredményeként áll elő a tervezési válasz-spektrum, a magnitúdó és a szerkezettől mért távolság függvényeként. Például meghatározható, hogy egy 7 erősségű földrengés a szerkezettől 25 km-es távolságra az élettartam alatt egyszer nagy valószínűséggel be fog következni. A tervezéskor azt is figyelembe kell venni, hogy egy maximum 8.5 erősségű földrengés a szerkezettől 10 km-re is bekövetkezhet. Igaz, hogy ennek a valószínűsége igen kicsi, mert egy ekkora földrengés ismétlődési periódusa a szerkezet élettartamának többszöröse, de ezt az extrém esetet sem szabad figyelmen kívül hagyni.

A tervezőnek igen sok paramétert kell figyelembe vennie, ezért G. W. Housner kifejlesztett egy átlagos tervezési válasz-spektrumot, mely az 6-1 ábrán látható.

A diagramm megalkotásakor négy különböző földrengés kétirányú spektrumát vette figyelembe és ezek normalizálása, átlagolása és simítása után kapta a fenti összefüggést. A spektrum felhasználásával meg lehet becsülni a maximális gyorsulás, sebesség és elmozdulás értékeket. Ha a lokális értékeket rendre $\bar{a}$, $\bar{v}$ és $\bar{d}$ jelöli, akkor az ábrán folytonos vonallal jelölt spektrum a relatív kis csillapítású oszcillátor tervezési-spektruma.

Ha a szerkezet nonlineáris, akkor szükséges a gerjesztés idő függvényként való megadása, mert ebben az esetben a válasz-spektrum nem használható fel.

Irodalom

Ray W. CLOUGH - Joseph PENZIEN, **Dynamics of structures,** ISBN J-07-011392-0

Joan R. Westlake: A handbook of numerical mátrix inversion and solution of linear equations, John Wiley & Sons, Inc., New York 1968

Szűcs László,
Knorr-Bremse Hungaria Kft.
1201 Budapest Helsinki út. 86
Tel:(36-1)-4211115, Fax:(36-1)-4211192
email:szuecs@kbu.mhs.compuserve.com

Valenta László
BME Finommechanika Optika Tanszék
1111 Budapest, Egry J. u. 6. III. Em
Tel:(36-1)-4632280
email:valenta@fot.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

TESTFOLYADÉKOT SZÁLLÍTÓ RENDSZER EGYENIRÁNYÍTÓ SZELEPÉNEK KIFEJLESZTÉSE

Turkevi-Nagy Nándor

1. Bevezetés

Egyes emberi májbetegségek kóros következményeként a hasi szövetek között összegyűlik egy tápanyagban gazdag folyadék - az úgynevezett ascites - amely a működési elégtelenség miatt nem tud a véráramba jutni. A további problémák (felpuffadás, stb.) elkerülésére két lehetőség kínálkozik. Egyik esetben a felgyűlő hasi folyadékot leszívják, ám ekkor a tápanyag a szervezetből elvész s azt más módon kell pótolni - leginkább infúziós táplálás segítségével, ami viszont mozgáskorlátozottsággal és egyéb hátrányokkal jár. Másik megoldás az ascites véráramba juttatása művi úton, segédberendezések felhasználásával. Ez mindenféleképpen előnyösebb, főként akkor, ha a segédberendezés olyan im-plantátum, amely szervezeten belülre ültethető s így nem jelent semmilyen akadályoztatást a beteg számára.

2. Konstrukciós probléma

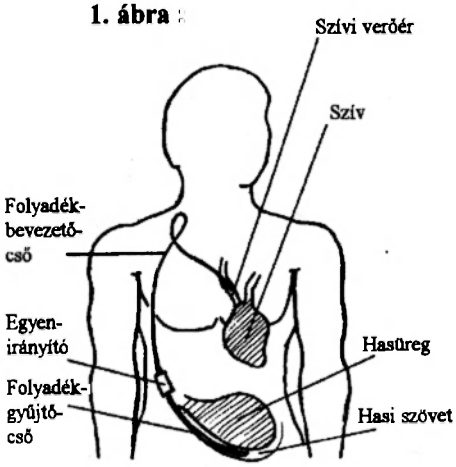
A második megoldás az orvostudomány szerint is optimálisabb, ezért szükség volt egy alkalmas implantátum-rendszer előállítására. A jelenleg "beépítésre" kerülő berendezés elhelyezkedése és elemei az 1. ábrán láthatók. Az implantátumnak két kritikus helye van. Egyik a szív verőerébe befutó csővég kialakítása. Másik a folyadék egyenirányítását szolgáló szelep. Mindkettő esetében a biztonságos, magas élettartamú működést szolgáló konstrukciós kialakítás a feladat, amelynél figyelemmel kell lenni az áramló közeg speciális tulajdonságaira és a környezet (vagyis az emberi test) sajátosságaira. Kutatócsoportunk - melynek tagjai a szerző mellett a következők : Dr. Nagy József prof., egy. tan. (BME, Vegyészm. Kar, Szervetlen Kémia Tsz.) ; Sátori Gyula okl. vill. mérn. (Medakku Műszeripari Rt.) ; Valenta László okl. gép. mérn., doktorandusz hallg. (BME, FOT) - az egyenirányító szelep fejlesztését, szükség esetén megújítását tűzte ki célul, mivel a Magyarországon forgalomban lévő egyenirányítók vagy importból beszerzett drága darabok, vagy a Medakku által gyártott kevésbé megbízható Le-Veen típusú konst-rukcióra épülő termékek.

Elsőként a szeleppel szemben támasztott követelmények listáját állítottuk össze. Az ascites sajátos tulajdonságairól és a kialakítási elvekről a SOTE egyik sebészorvosától kaptunk információkat. A folyadék egy olyan elekrto-negatív töltésű, tojásfehérje-szerű elegy, amelyben szerves polimerszálak, ún. fibrinszálak úszkálnak, melyek ráadásul igen nagy intenzitással kiválni s más szálacskákkal polimerizálódni igyekeznek. Ez eltömítődést okozhat - ami persze nem megengedhető -, ezért a geometriai kialakításnál kerülni kell az éles sarkokat, kanyarokat, a turbulenciát és lassulást okozó részeket, valamint az áramlás útjába helyezett bordák alkalmazását. Fontos továbbá az, hogy a folyadékkal érintkező felületek nagyon kis felületi érdességűek és hidrofób tulajdonságúak legyenek - szintén a kiválás ellen. Elengedhetetlen a szövetbarát szerkezeti anyagok alkalmazása is. Törekedni kell a méretek csökkentésére és az egyenirányító záróirányú biztonságosságára.

3. Konstrukció módosítás

Mindezek fényében kezdetként a kutatásban érdekelt cég termékét vizsgáltuk meg. Megállapítottuk, hogy a hibás zárásért a merev anyagra alapozott konstrukció rugalmas szilikongumira való átültetése felelős. Módosító javaslataink - amelyeket a 2. ábra szemléltet - a következők voltak : kis mértékben előfeszített szeleptányér beépítés, zárófelületpár cseréje belsőkúp - külsőgömb felület párosítására, valamint a tányérkarima felfekvését adó síkot kialakító présszerszám-felület kijavítása.

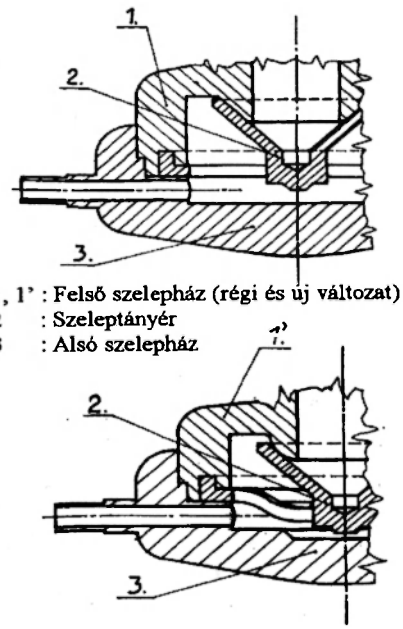
1. ábra



Végső következtetésünk fentiek után is az volt, hogy ez a típus nem alkalmazkodik kedvezően a követelményekhez, mivel alapvetően erősen töri az áramlás irányát, s a záróidom tartóbordái jó lehe-tőséget nyújtanak a fehérjekiválásnak. Ebből következően tehát szükséges egy új típus kifejlesztése, melyhez neki is láttunk.

4. Fejlesztés

A fejlesztési munka kezdetét a hasonló területeken alkalmazott egyenirányítási megoldások átnézése és a felsorolt kívánalmak szerinti kritikával való ellátásuk jelentette. Ebben a fázisban újszerű működési elvet kerestünk, s tapasztalatokat is gyűjtöttünk. Segítségünkre végül egy, a természet által megalkotott rendszer volt. Ez pedig az emberi szervezetben a vér egyenirányítására kialakult billentyüs-"szelep", amely megtalálható a vénában (vénabillentyűk), de akár a szívben is (a szív aorta-billentyűi). Innen merítve ötletet, több megvalósítási lehetőség is felmerült, amelyek közül a csapat kiválasztott egyet - s ezt a 3. ábra mutatja. A szelepkonstrukciót mi is szilikongumi anyagra alapoztuk, törekvésünk pedig az volt, hogy az anyag rugalmas tulajdonságait, kifáradással szembeni ellenállóságát kihasználjuk - és ne elmozduló alkatrészekkel dolgozzunk. A kijelölt változat ehhez a szemlélethez nagyszerűen alkalmazkodik, így bár jelentős mértékű geometriai egyszerűsítéssel, de prototípusként el is készülhetett, miután a szükséges prés-szerszámot legyártattuk .

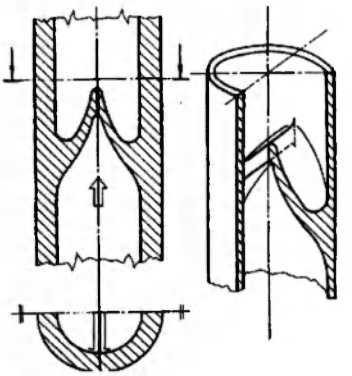


2. ábra
(Le-Veen tipusú egyenirányító szelep)

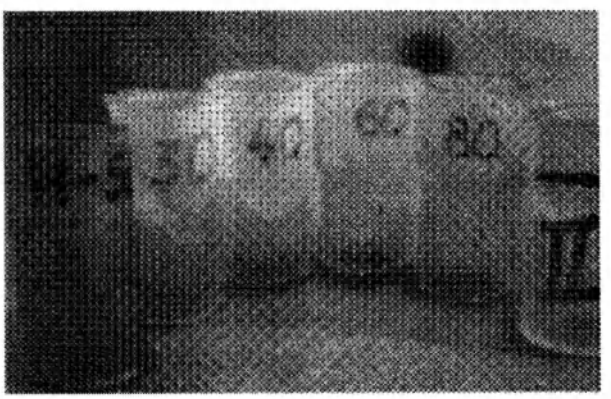
5. Prototípusgyártás

Bemutatnám a szelepek kisüzemi gyártási eljárását is, amelyet a kezdeti darabok előállításánál mi is alkalmaztunk. Elsőként a nyers szilikongumi-pasztát (mely a klórszilán-kaucsukok közül az egykomponensű, melegen vulkanizálódó gyanták (=MVK) csoportjába tartozik) hengerszéken át kell gyúrni. Miután a présszerszám aktív felületeit megtisztítjuk, a kimért mennyiségű nyersanyag betölthető - lehetőleg légzárványmentesen. Ezt követően az alakadás és szilárdítás a présgép felfűtött nyomólapjai között, 140°C-on történik, jelen méretek esetén kb.15 percen át. A teljes kitérhálósodás a kemencében, 160°C-on az utóvulkanizálás során jön létre, kb. 1 óra alatt.

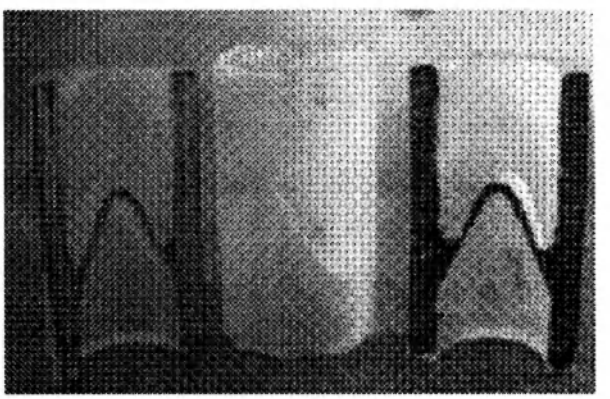
A présszerszám lehetőségeihez mérten sokféle szelepvariánst készítettünk, hogy ezek közül a legoptimálisabb paraméterekkel rendelkezőt kiválaszthassuk. Ennek megfelelően gyártottunk többféle keménységű szilikongumiból (4. ábra) valamint eltérő utóvulkanizációs idővel - bár ez utóbbinak a tapasztalatok szerint nincs jelentős befolyása - darabokat. Változtattunk a bennfoglaló cső átmérőjén is. (A szelepgeometria módosításához már új présszerszám kellene, ám gazdasági korlátokhoz is alkalmazkodni kell.) Végül legkedvezőbbnek az összehasonlító mérésekhez a 40 Shore-A keménységű, vastagfalú variáció tűnt (5. és 6. ábra). Mérésekre pedig szükség volt, hiszen az új konstrukció jellemző paramétereit (zárási biztonságosság, nyitáshoz szükséges nyomás-különbség, valamint a közepes nyomáskülönbségnél átengedett térfogat-áram) ismerni kell, hogy összevethető legyen a korábbi megoldásokkal. Súlyozottan indokolt ez amiatt is, mert a billentyűk közötti rés manuálisan, szike segítségével készül, ami - bár pontosan illeszkedő zárófelületpárt eredményez, - nem éppen rekonstruálható eredményt hoz.



3.ábra



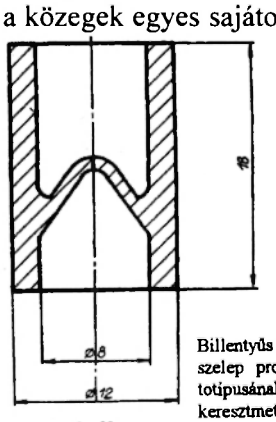
4.ábra



5. ábra

6. Mérések

Elsődlegesen a zárás tökéletességéről győződtünk meg. Az új típus ebből a szempontból kiváló, ugyanis még 10 vízoszlopméter nyomásterhelés hatására sem ereszt át záróirányban, de visszaszivárgás sem tapasztalható a jó minőségben kialakított rés esetén. A nyitónyomáskülönbség megálla-pításához eleinte levegőközeggel, finomnyomásmérő berendezésekkel fogtunk hozzá. Megfigyeltük, hogy a levegős és folyadékos (vizes) mérések igen eltérő eredményeket mutatnak, s ezt a közegek egyes sajátos tulajdonságainak tudtuk be (többek között pl. a jelen méretek mellett folyadékoknál nagy szerepet játszó felületi feszültségnek). Következésképpen a továbbiakban a valós viszonyokat jobban közelítő vizes mérést alkalmaztuk. Ennek lényege a következő : adott vízszintkülönbségek (amelyek a tartályszint és az abból kivezető, összeépített implantátumrendszer (7. ábra) kifolyópontja között mérhetők) hatására a kifolyó térfogatáramokat regisztráltuk. A mérést az importból beszerezhető, de a jelenleg legkedvezőbb felépítésű Denver-szeleppel is elvégeztük, az eredményeket összehasonlítottuk. Megállapíthattuk, hogy az új típusú szelep még nem rendelkezik olyan jó paraméterekkel, mint a mintául választott Denver-szelep. Ám a már korábban említetteknek megfelelően a vizsgált kialakítás csak egy durva geometriai megközelítése az ötletnek, ami azt is jelenti, hogy célzott konstrukciós finomításokkal sokat lehet javítani ezen a megoldáson.



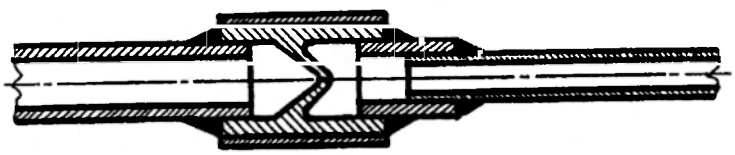
6. ábra Billentyűs szelep prototípusának keresztmetszete.

7. Modellezés

Az újabb és újabb változatokhoz - mint azt már említettem - költséges lenne a szerszámokat legyártani; főként, hogy a nem megfelelő variációk szerszámai pár próbadarab elkészítése után selejtté válnának. Ennek elkerülésére a rendszer modellezése nyújt lehetőséget. Mi a feladat bonyolultsága miatt az egyre több tudományterületen alkalmazott végeselem-módszert használhattuk volna fel. Ám a gépészeti szempontból viszonylag új szilikonpolimerek mechanikai tulajdonságait leíró anyagjellemzők nem állnak rendelkezésre. Emiatt a "felépített" testmodellen és a közelítő terhelési és megfogási állapottal, valamint egy fiktív anyagtörvénnyel végzett számítás csak jellegében - nem pedig értékeiben - helyes végeredményt hozhatott. Ezek után a csapat meghatározhatta az előrehaladáshoz szükséges jövőbeni lépéseket.

8. További lépések

A munkálatok tanulsága alapján több szükséges módosítási irány is felmerült. Egyik legjelentősebb kérdés az, hogy a billentyűzet az újabb lépéseknél továbbra is utólagos felvágással váljék nyithatóvá, vagy eleve réssel történjék a gyártás. Ez utóbbi esetben a megfelelő zárás biztosításához valamilyen előfeszítési megoldás is szükséges lenne, amely persze egyszerűen megvalósítható, sőt jó beszabályozhatóságot eredményez. Eldöntendő az is, hogy a szelepgeometria milyen módon fejlesztendő tovább. Ebben a kérdésben figyelembe kell venni a már összefoglalt speciális követelményrendszert, és a gyártási eljárásunk korlátait is. A kidolgozás során gondolni kell a szelep tokozásának szükségességére is, mivel a beteg mozgása során fellépő erőhatások akár meg is akadályozhatják azt funkciójának ellátásában. Tokozásra már születtek tervek. A tok kialakításánál fontos szempont a műtét közbeni szerelhetőség, mivel ott kell a kimenő csövet a páciens méretéhez szabni. A szilikongumi anyagvizsgálatai is megkezdődtek, amely eredményeivel a modellezés már fontos szerephez juthat.



Méréshez összeépített billentyüs egyenirányító (A szeleptest kivölről fém csővel van merevitve, hogy külső erőhatások ne okozhassanak deformációt és ne befolyásolhassák az eredményeket)

Megfelelő minőségű végtermék kialakítása esetén pedig elmondhatjuk, hogy a tudomány megint az emberiség javát szolgálhatta.

Turkevi-Nagy Nándor / diplomázó egyetemi hallgató, demonstrátor, BME Gépészmérnöki kar, V. évf. 504 tk. / BME-FOT Budapest, 1111 Egri József u. 1. E.ép. 3.em. 1.sz
Tel:(..36-1) 463-26-02 / Fax: (..36-1) 463-37-87

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

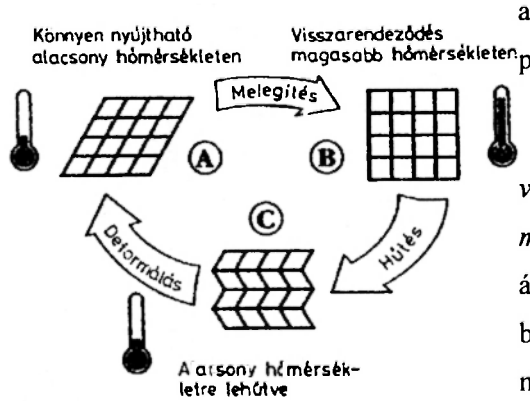
Lineáris mozgatás megvalósítása NiTiNOL alakemlékező fémötvözettel

Mihálcz István

A jelenség bemutatása

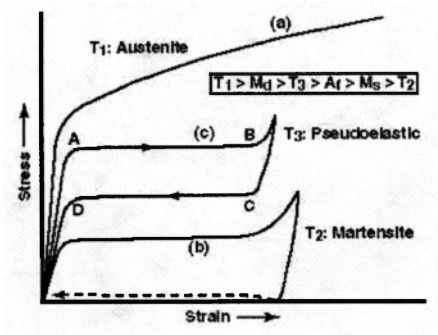
Ha egy SMA-ból készült huzalt hajlítás nélkül izzítunk, majd ezen egyenes forma megtartása mellett lehűtjük, a drót alakja változatlan marad. A huzal meleg állapotban 5...8 %-ot rövidül hideg állapotban mért hosszához képest (NiTi esetében), lehűléskor meg ugyanennyit megnyúlik. Alacsony hőmérsékleten az ötvözet martenzites fázisban található. Melegítéskor, az átalakulási hőmérsékletet túllépve, ausztenites fázisba kerül. A két fázisnak más a kristályszerkezete, ez a rövidülés magyarázata. A kristályszerkezet átalakulását az 1. ábra szemlélteti. Az SMA működése a következő: az A kristályrácsot deformáljuk az átalakulási hőmérséklet alatti hőmérsékleten, de csak olyan mértékben, hogy az atomok közötti kötések megmaradjanak. Az ötvözetet az átalakulási hőmérséklet fölé melegítve, a kristályrács visszanyeri eredeti alakját (B - ausztenites kristályszerkezet). Ebben a lépésben lehet az SMA-t munkavégzésre használni. Az ötvözetet lehűtve, a fázisváltozás ellentétes irányban történik (C - martenzites kristályszerkezet) és az ötvözet könnyen deformálhatóvá válik. Az átalakulás hiszterézissel jár, ennek értéke 5...30 °C. Ha a martenzites állapotban a huzalt meghajlítjuk, ezt az alakját addig tartja, amíg kristályszerkezete meg nem változik. Ha az így meghajlított huzalt melegítjük, az A_s hőmérsékleten megindul a drót kiegyenesedése, és a kiegyenesedés az A_f hőmérsékleten fejeződik be. Ezek a hőmér sékletek az ausztenitképződés kezdetét és végét, az M_s és M_f pedig a martenzitképződés kezdetét és végét jelentik. *Az alakemlékezés arra az alakra vonatkozik, amelyben az ötvözet volt a deformációt megelőző ausztenites fázisban.* A martenzites átalakulás az alakemlékező ötvözetekben bekövetkezhet hőmérséklet-csökkentéssel vagy a mechanikus terhelés növelésével. Az elsőt

1



1. ábra

termoelasztikus martenzitnek, a másikat feszültség- vagy alakváltozás keltette martenzitnek nevezik. A termoelasztikus martenzites átalakulásnál a hômérséklet csökkenésével a martenzit mennyisége nô, és fordítva, a martenzit tartalom csökken, ha a hômérséklet emelkedik.



2. ábra

Ha az ötvözet az M_s hômérséklet fölött található, mechanikai terhelése fázisátalakuláshoz vezet. A mechanikai feszültség növelésével nô a rugalmas alakváltozás. Ha a feszültség elérte az alakváltozáshoz szükséges értéket, megindul a fázisátalakulás izotermikus jelleggel és feszültségkeltette vagy alakváltozáskeltette martenzit keletkezik. A terhelés csökkentésével elôbb a rugalmas alakváltozás csökken, majd elkezdôdik a martenzit mennyiségének csökkenése. Ezt a viselkedést pszeudoelasztikus viselkedésnek, a jelenséget meg pszeudoelaszticitásnak nevezik, ezt a 2. ábra C görbéje szemlélteti. Az alakemlékezô hatásban mind a termoelasztikus, mind a pszeudoelasztikus viselkedésnek szerepe van. Az alakemlékezô hatás ugyanis csak akkor észlelhetô, ha a feszültséggel keltett martenzites átalakulás a terhelés megszüntetésével nem fordul meg. Az így keletkezett martenzites szerkezetet ezután hevítéssel lehet visszavinni az eredeti fázisába és alakjára.

Tervezési modell

Az SMA kontinuummechanikai egyenletét Tanaka japán kutató határozta meg 1982-ben, ezt az egyenletet C. Liang és C.A. Rogers 1990-ben [1] valamint L.C. Brinson 1993-ban [2] korrigálták.

Az egyenlet egy kezdeti állapotra vonatkoztatva a következô:

$$\sigma - \sigma_0 = E(\xi)\cdot\varepsilon - E(\xi_0)\cdot\varepsilon_0 + \Theta\cdot(T - T_0) + \Omega(\xi)\cdot\xi_S - \Omega(\xi_0)\cdot\xi_{S0} \qquad (1)$$

ahol σ - az ötvözetben a mechanikai feszültség, E - a rugalmassági modulus, ε - az összehúzódás (rövidülés) mértéke, Θ - a hômérséklet-tenzor, T - a hômérséklet, Ω - a fázistenzor, ξ - a martenzittartalom, ξ_S - a feszültség hatására keletkezô martenzittartalom. Szintén C. Liang és C.A. Rogers 1990-ben [1] és L.C. Brinson 1993-ban [2] kimutatták, hogy a fázistenzor értéke: $\Omega(\xi) = -\varepsilon_L \cdot E(\xi)$ ahol ε_L az ötvözet maximális maradék nyulása. A martenzittartalom függ a hômérséklettôl és a feszültségtôl, ezért felírható a kettô összegeként [2]: $\xi = \xi_T + \xi_S$ ahol ξ_T a hômérséklet hatására keletkezô martenzittartalom. Elvégezve a behelyettesítéseket:

$$\sigma = E(\xi)\cdot(\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) + \Theta\cdot(T - T_0) + K_0$$
$$K_0 = \sigma_0 - E(\xi_0)\cdot(\varepsilon_0 - \varepsilon_L \cdot \xi_{S0}) \qquad (2)$$

A K_0 tag tartalmazza a kezdeti feltételeket. A fenti egyenletrendszert felírva két feszültségértékre (σ_1-re és σ_2-re), a σ_1-hez tartozó K_0 tagot zérusra választva ($\sigma_0 = 0$, $\varepsilon_0 = 0$, $\xi_0 = 0$) és a K_1-et ha kifejezzük a σ_1 függvényében, a kapott eredményt behelyettesítve a σ_2 egyenletébe a következô egyenlethez jutunk: $\sigma = E(\xi)\cdot(\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) + \Theta\cdot(T - T_0)$. Mivel a rugalmassági modulus értéke nemlineáris, de ismeretes az értéke mindkét fázisban, ezért felbonható két összegre: $E(\xi) = \xi \cdot E_M + (1-\xi)\cdot E_A$. Ezáltal az SMA egyenlete a következô (K_0 = 0-ra):

$$\sigma = (\xi \cdot E_M + (1-\xi)\cdot E_A)\cdot(\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) + \Theta\cdot(T - T_0) \qquad (3)$$

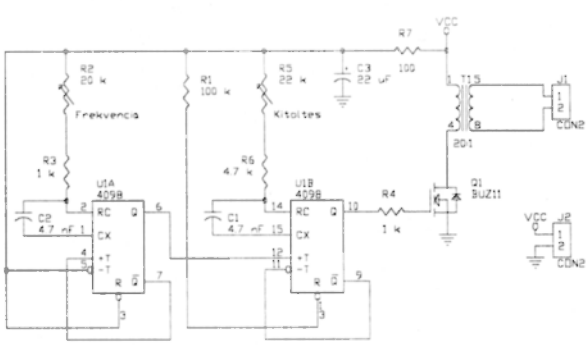
vagy a kezdeti feltételek figyelembevételével a következô összefüggest kapjuk:

$$\sigma - (\xi \cdot E_M + (1-\xi)\cdot E_A)(\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) - \Theta\cdot T =$$
$$\sigma_0 - (\xi_0 \cdot E_M + (1-\xi_0)\cdot E_A)(\varepsilon_0 - \varepsilon_L \cdot \xi_{S0}) - \Theta\cdot T_0 = konst. \qquad (4)$$

Ismerve az SMA-ban keletkezô feszültségeket, már meg lehet határozni az SMA huzal rövidülését, vagyis a mozgatás mértékét.

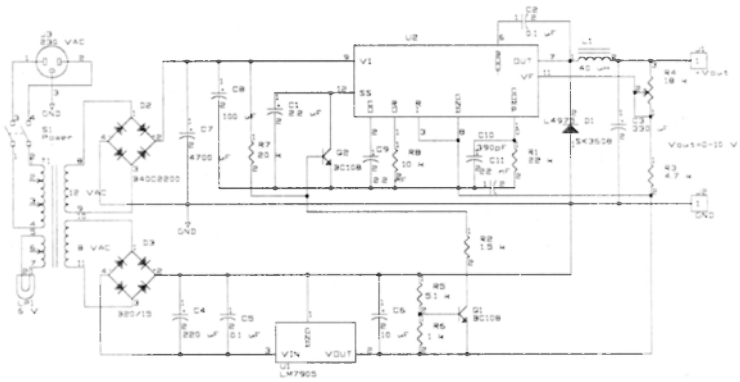
SMA huzalok működtetése

Az SMA huzalok működtetésénél általában az árammal való hőközlést alkalmazzák. Ennek három lehetséges módja van: feszültséggenerátorról, áramgenerátorról, impulzusszélesség modulációval. A cél egy 0.4 mm átmérôjű SMA huzalt működtetô meghajtóáramkör tervezése volt, amely telepes üzemmódban tudjon működni, súlya legyen kicsi, a kimenet nagy áramot (2 A) és kis feszültséget szolgáltasson (max. 0.3 V). Egy transzformátoros impulzusüzemű tápegységgel valósítottam meg ezeket a feltételeket. A kapcsolás az 3. ábrán látható. A transzformátor tervezésénél a következô adatokból indultam ki: az oszcillátor frekvenciája 20 kHz (T=50 μs), a terhelés R_t ~0.15 Ω, a kiválasztott lágyferritmag típusa EE20-115-40 (Elektronikai és Mecha-nikai Kft, Vác), a kitöltési tényezô τ=10% körüli. A



3. ábra

tranzisztor árama N darab SMA huzal esetén: $I_{\ldots} = \sum_{1}^{N} I_{out\,i} \cdot \frac{1}{n} = \frac{U_0}{n^2} \sum_{1}^{N} \frac{1}{R_i}$. Számolások elvégzésével a következô értékeket kaptam: az áttétel n = 14, L = 330 μH, B_{szat} = 0.1 T, I_L = 0.12 A, P_{be} = 1 W. A kapcsolást megépítettem és a mért hatásfok 65-66%. Az effektív kimenőáram 2.2 A egy 0.3 ohmos terhelésen (U_{ki} = 0.3 V) egy huzal esetében, ha a tápfeszültség 9 V. A kitöltési tényezô változtatásával lehet az áramkört beállítani a huzal átmérőjének és hosszának a függvényében.A kapcsolás hátrányai a közepes hatásfok (65-66%), az igy kapott nagy áramot nem lehet szétosztani gazdaságosan több, nem egyidejűleg vezérelt huzalnak. Ebben az esetben még az is gondot okoz, hogy a kimenőfeszültséget még egyenirányítani is kéne. Egy másik hátrány: idôigényes a beállítás egy más átmérôjű vagy hosszúságú huzal esetében. A kapcsolás elônyei: kis alkatrészigény, kis méretek és a kimenetek földfüggetlenek. A következô áramkör (4. ábra) egy kapcsolóüzemű tápegység amely integrált áramkör felhasználásával lett megvalósítva. A maximális hatásfok érdekében el lett tolva az IC földpontja -5 V-tal. Így a kapcsolás hatásfoka nagyobb mint 80% (függ a kimeneti feszültség értékétôl).



4. ábra

Irodalom

[1] C. Liang, C.A. Rogers: Design of Shape Memory Alloy Actuators, Journal of Mechanical Design,

Vol. 114, June 1992, p. 223-230.

[2] L.C. Brinson: Mechanics of Phase Transformations and Shape Memory Alloys. The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1994, ISBN 0-7918-1437-8

Mihálcz István okleveles gépészmérnök, doktorandusz, Budapesti Műszaki Egyetem, Finommechanikai és Optikai Tanszék, H-1521 Budapest, Pf. 91., Tel: (..36-1) 463-2602, Fax: (..36-1) 463-3787, E-mail: mihalcz@fot.bme.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

MOTORKERÉKPÁR KORMÁNYZOTT KEREKÉNEK DINAMIKÁJA

Molnár László

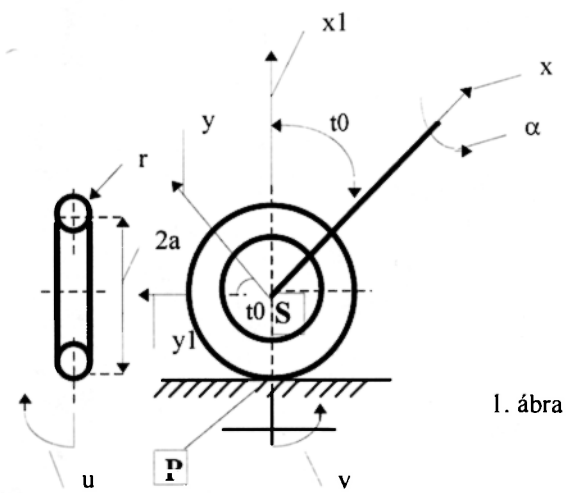
A dolgozat a motorkerékpár közúti viselkedései során tapasztalható jelenségekből kiindulva a kormányzott kerék stabilitási problémájával foglalkozik. A kétkerekű járművek felépítésükből adódóan különböző geometriai, műszaki paraméterek mellett instabilakká válhatnak. A stabilitás elvesztése több okra vezethető vissza. Ilyenek például a súlypont helyének változása, valamint a gumiabroncs paraméterei.

A modellalkotásban a hangsúly a kormányzott keréken van. Ennek megfelelően a hátsó kerék viselkedését ebben a modellben nem vesszük figyelembe. A felépítendő modell a kormányzott kereket merev testként kezeli. A gumiabroncs rugalmasságát a kormányszár rugalmasságával együtt a modellben elhelyezett rugalmas elemekkel vesszük figyelembe.

1. A motorkerékpár kormányzott kerekének geometriája

A kormányzott kereket a valóságnak jól, egyes esetekben a valóságnak teljesen megfelelően (verseny motorkerékpárok) modellezhetjük tórusszal. Vizsgáljuk meg, hogy a kormánytengely α szöggel történő elfordítása esetén a kormányzott kerék súlypontja hogyan változik álló helyzetben.

1.1 A kerék mozgása álló helyzetben



1. ábra

A kormánytengely jellemző paramétere: **t0**
A tórusz két geometriai adata:
- a meridiánkör sugara: **r**
- a kerék átmérőjét meghatározó sugár: **a**

Először meghatározzuk a tiszta gördülés esetét feltételezve, hogy az α kormányelfordítás hatására a tórusz mely paraméterekkel rendelkező pontja lesz az új talajjal érintkező pont A kerék geometriáját a tórusz Gauss-féle előállításával írjuk le:

$$r(u,v) = ((a + r\cos u)\cos v)\underline{i} + (a + r\cos u)\sin v\,\underline{j} + r\sin u\,k \qquad (1)$$

A vonatkoztatási rendszer ügyes megválasztásával (x-y-z, 1.ábra) könnyen meghatározhatjuk u(α) és v(α) függvényeket. A kormány α szöggel történő elfordításának eredményeként a tóruszt a következő vektorfüggvény jellemzi:

$$\mathbf{r}_\alpha(u,v) = \begin{bmatrix} (a + r\cos u)\cos v \\ (a + r\cos u)\sin v\cos\alpha + r\sin u\sin\alpha \\ -(a + r\cos u\sin v\sin\alpha + r\sin u\sin\alpha \end{bmatrix} \qquad (2)$$

Az elforgatással kapott felület (2) érintősíkjának vizsgálatával megkapjuk a keresett, az új érintkezési pontot jellemző u(α) és v(α) függvényeket az (x1-y1-z1) koordinátarendszerben felírva.

$$u(\alpha) = \mathrm{Arcsin}\sqrt{(1-c^2)\sin^2\alpha / c^2(\cos 2\alpha + (1-c^2)/c\ )} \qquad (3)$$

$$v(\alpha) = \mathrm{Arcsin}(\mathrm{ctg}\,\alpha\ \mathrm{tg}\,u) - t0 \quad \text{ahol } c = \cos t0. \qquad (4)$$

1.2 A kerék súlypontjának elmozdulása a kormányelfordítás hatására

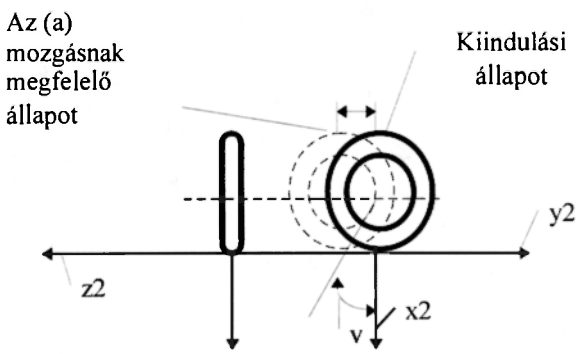
A kormány α = 0 helyzethez képesti elfordításának eredményeként a kerék előre mozdul és síkja is egy új, ferde helyzetet vesz fel. Érezhető, hogy a kormánytengely a kialakult helyzethez képesti (- α) irányú forgatásával a kerék visszafelé kezd el gördülni. A vizsgálat során a kerék mindvégig gördül a talajon. A leendő érintkezési pont ismeretében már leképezhető a tóruszról az u és v paramétereknek megfelelő térgörbe a talajra. Ezek alapján a mozgás három komponenesből építhető fel:

a.: z2 tengely körüli v-szöggel történő forgatás (2. ábra)

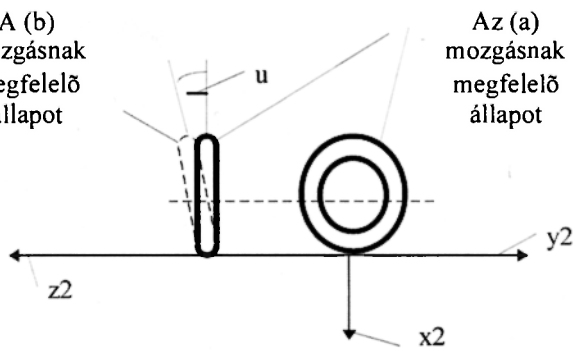
b.: y2 tengely körüli u-szöggel történő forgatás (3. ábra)

c.: x2 tengellyel párhuzamos, az (a) és a (b) mozgások során kialakult érintkezési ponton átmenő tengely körüli forgatás. Itt a forgatás szögét a kerék normálisának új helyzete (γ) határozza meg. (4. ábra)

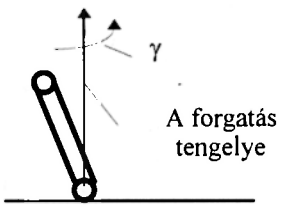
A három mozgásösszetevőt a 2., 3., 4. ábrák mutatják. A választott vonatkoztatási rendszer: (x2-y2-z2).



2.ábra



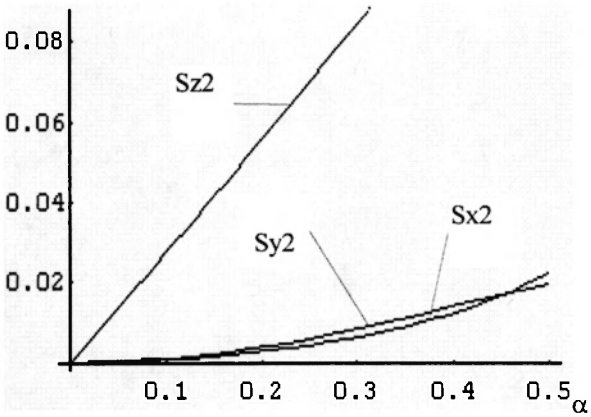
3. ábra



4. ábra

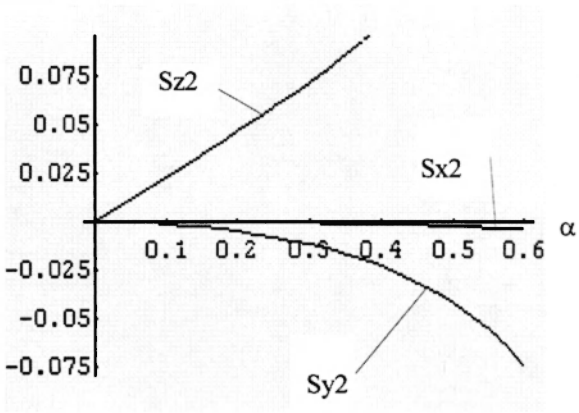
A fenti gondolatmenetet követve a súlypont x2, y2, z2 irányokba történő elmozdulásai a > r és a < r esetén grafikusan a következő eredményeket mutatják. A kormány irányvektorát válasszuk t0 = 30°-nak, a kerék geometriáját pedig: a = 0.5, r = 0.05, ill. a = 0.05, r = 0.5.

A kerék súlypontjának változása (a > r):
Sx2, Sy2, Sz2



5. ábra

A kerék súlypontjának változása (a < r):
Sx2, Sy2, Sz2



6. ábra

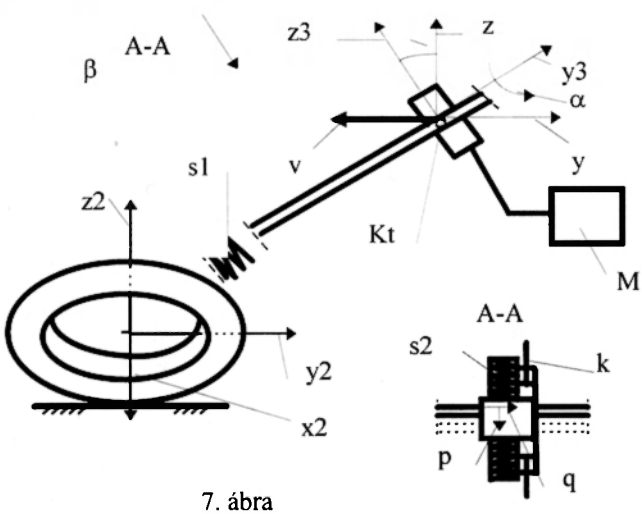
A kerék geometriai kialakításától függően a kerék súlypontja süllyedhet (Sx2 > 0) ill.emelkedhet (Sx2 < 0).

2. Modellalkotás és a mozgást leíró differenciálegyenlet-rendszer felírása

2.3 A motorkerékpár modellezése, az általános koordináták megválasztása

A motorkerékpár modellezése:
1.: a motorkerékpár testét egy **M** merev tömegként modellezzük, amely **v** = állandó sebességgel mozog, 2.: a kormányzott motorrész (kormányzott kerék, kormánytengely) a motor testéhez a **K** pontban csatlakozik, 3.: a kormánytest elfordulását elhanyagoljuk, Kt a kormánytengelyhez tartozó pont, Km a motortesthez tartozó pont, 4.: a kormányszár és a gumiabroncs rugalmasságát, csillapítását az s1 és s2 rugalmas és k csillapítási elemekkel vesszük figyelembe

A vizsgált modell:



7. ábra

Az általános koordináták megválasztása:

Az 5., valamint a 6. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy az α szögelfordulás hatására jelentős oldalirányú (Sz2) mozgás tapasztalható. Így α mellett egy új általános koordináta legyen **p**. A súlypont oldalirányú elmozdulásán kívüli mozgások biztosítására válasszunk egy kormánytengely irányú koordinátát **q**-t. A kerék saját tengelye körüli forgását írjuk le φ-vel. Az így felépített rendszer anholonóm-reonóm. A K-pont sebességéből - amit ismerünk (v) - visszaszámoljuk a pillanatnyi érintkezési pont sebességét. A pillanatnyi érintkezési pont sebessége: $v_P = \underline{0}$. Ez az egyenlet adja a kinematikai kényszeregyenletet. Ennek az egyenletnek a z irányú komponense geometriai kényszerre vezet.

Az általános koordináták száma így egyel csökken. A választható kvázisebességek száma egy. Intuitív választás alapján a kvázisebesség $\dot{\alpha} = \sigma$. Az általános koordináták α, p, φ , mivel q előáll α függvényeként. A felhasznált koordinátarendszerek: R0(x,y,z), R2(x2,y2,z2), R3(x3,y3,z3).

2.2 Az Appel-egyenletek felírása

A gyorsulásenergia felírásánál csak a kormányzott kerék energiáját vesszük figyelembe. Az energiaegyenletben szereplő valamennyi mennyiséget az R0 rendszerben írjuk fel. A Gibbs-féle gyorsulásenergia a t0 = 30°-nak megfelelő kormányrúdállásnál:

$$S = \frac{-0.27\sqrt{3}a^2 mv\alpha\sigma\dot{\sigma}}{2a+2r} + (0.23a^2 m + 0.3\,lamr + 0.15mr^2)\dot{\sigma}^2 \qquad (5)$$

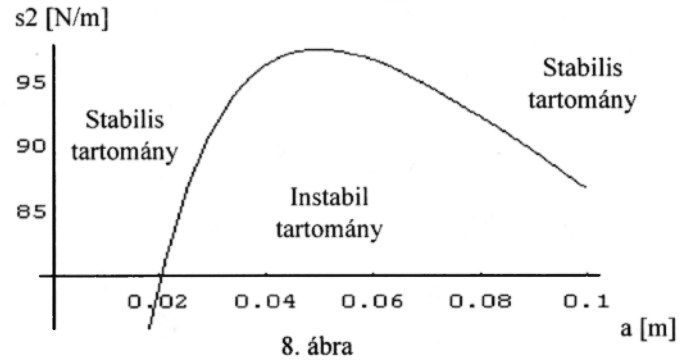
Az Appel-egyenletek:

$$\begin{cases} \begin{cases} \dot{\sigma}(t) = \dfrac{0.06((9.59a^2gm + 9.59agmr)\alpha + (-17.17a^2s2 - 34.34ars2 - 17.17r^2s2)p)}{a^3m - 2.33a^2mr + 2amr^2 + 0.66mr^3} + \\ \qquad \dfrac{(-18.88a^3k - 56.66a^2kr - 56.66akr^2 - 18.88kr^3 + 7.43a^2mv\alpha)\sigma}{a^3m - 2.33a^2mr + 2amr^2 + 0.66mr^3} \\ p(t) = 0.55a\sigma + 0.55r\sigma \\ \alpha(t) = \sigma \end{cases} \\ \phi(t) = \dfrac{2v + 0.36a\alpha\sigma}{2a+2r} \end{cases} \qquad (6)$$

Az utolsó egyenlet ($\phi(t)$) a ciklikus mozgást jellemzi, amely a kerék forgásából adódik.

3. Stabilitási vizsgálat

A Routh-Hurwitz stabilitási kritériumnak megfelelően a karakterisztikus polinom együtthatóinak nagyobbnak kell lenniük, mint 0. A sebesség függvényében ábrázolva a karakterisztikus polinom együtthatóit konstans vonalakat kapunk. Rögzítsük a kerék tömegét: m = 2 kg, paraméterét: r = 0.05 m. g = 9.81 $\frac{m}{s^2}$. E paraméterek mellett az s2-es rugómerevségre a kerékgeometria (a) függvényében a következő stabilitási feltételt kapjuk:



8. ábra

A 8. ábráról leolvasható, hogy a stabilizáláshoz az a = r (gömb) esetében kell a legnagyobb merevségű rugót biztosítani. Ha a > r , akkor a stabilitást kisebb rugómerevséggel is elérhetjük. A rendszer bonyolultságára való tekintettel a felhasznált függvények már linearizált formában kerültek alkalmazásra. Ugyancsak a könnyebb áttekinthetőség érdekében a kormánytengely irányvektora felvételre került.

A rendszer teljes megismeréséhez természetesen a nem-lineáris rendszer vizsgálatára van szükség. A használt mechanikai modell (7. ábra) jól megközelíti a valóságot, de ennek tökéletesítése még pontosabb eredményeket szolgáltathat.

Felhasznált irodalom:
Dr. Palkovics László: Műszaki szakértői vélemény /jegyzőkönyv/
Dr. Stépán Gábor: Vontatott kerék dinamikája /kézirat/

Molnár László / diplomatervező gépészmérnök hallgató
Budapesti Műszaki Egyetem Finommechanika, Optika Tanszék / 1111 Budapest, Egri J. u. 1.
Tel.: 463-26-02

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

BELSŐ FESZÜLTSÉGEK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TANULMÁNYOZÁSA

Johanyák Edit

A dolgozat témája a hőkezelés során lejátszódó folyamatok végeselemes modellezése. A viszonylag egyszerű alakú, 25 mm átmérőjű és 100 mm hosszú közepes széntartalmú szerkezeti acélból készült henger véglap edzésének modellezésekor a tranziens hőátadás és a hőfeszültségek tanulmányozására került sor. A Jominy kísérlet során a próbatestet felhevítik az ausztenitesítési hőmérsékletre (jelen acél esetében ez 840°C) és a méretétől függő ideig hőntartják. Így a próbatest teljes térfogatában egyenletes lesz a hőeloszlás. Az így előkészített próbatestet az egyik véglapjára irányított vízsugárral hűtik. A víz hőmérsékletét 22°C-nak tekintettük.

Modell

Szimmetria okokból elegendő a henger felére elvégezni a számításokat. Először a folyamatos hűlés alatt létrejövő nem egyenletes tranziens hőmérséklet-eloszlás tanulmányozása történt meg, majd ezen meglévő modell felhasználásával tanulmányoztuk a tranziens hőfeszültségeket is.

1. táblázat

Elemzés típusa	Anyagjellemzők	
Hőfeszültségek	rugalmassági modulus [Mpa]	E(T)
	Poisson szám	ν(T)
	Folyáshatár [Mpa]	R_e(T)
	Hőtágulási tényező	α(T)
Hőmérsékletmező	Hővezetési tényező [kcal/m,h,°C]	λ(T)
	Fajhő [kcal/kg °C]	c(T)

A hűtést egy állandósult hőmérsékletmező eléréséig végeztük. A lehűlés az edzett véglapon kényszerkonvekcióval, a hengeres hossz mentén szabad konvekcióval valósul meg, a próbatest másik végét pedig szigeteltnek tekintjük.

Tehát meg kell különböztetnünk két hőátadási tényezőt a vízsugárral valamint a levegőn hűlt részek esetén. A mechanikai tulajdonságjellemzők (Young modulus, Poisson féle szám, folyáshatár) a hőmérséklet és az idő függvényében kerülnek megadásra.

Az adatokat tulajdonság értékként adjuk meg amelyek a hőmérséklet valamint a már előbb bemutatott kötött lehűlési sebességek függvényei. Más anyagjellemzőket (hővezetési tényező, hőtágulási tényező, fajhő) szintén az idő és a hőmérséklet függvényében adjuk meg (1. táblázat).

Hőmérsékleteloszlás

A hőmérsékleteloszlás tanulmányozása során változó időlépéseket alkalmaztunk és így 61 növekményre volt szükség. A program minden egyes növekmény esetén az időlépést újraszámolta, így a maximális hőmérsékletnövekmény változás soha nem haladta meg a 38°C értéket. A hőmérséklet függvényében megadott hőátadási tulajdonságjellemzőket a modellben bárhol fellépő max. 38°C-os hőmérséklet változás esetében a program újraszámolja. Az edzési folyamat kb. 1600 mp. alatt fejeződik be.

Az egyes szakaszokban meghatározott hőmérsékleteloszlást a program tárolja, így ez felhasználható a további számítások során.

Feszültségeloszlás

Különböző anyagok esetén (pl. szerkezeti acélok) magas hőmérsékletről történő edzés vagy levegőn való hűtés alatt megváltoznak annak mechanikai vagy termikus tulajdonságai. A hűtési folyamat bármely szakaszában ezek a tulajdonságok az arra a szakaszra jellemző hőmérséklet valamint az előző szakasz hőmérsékleteloszlásának függvényei.

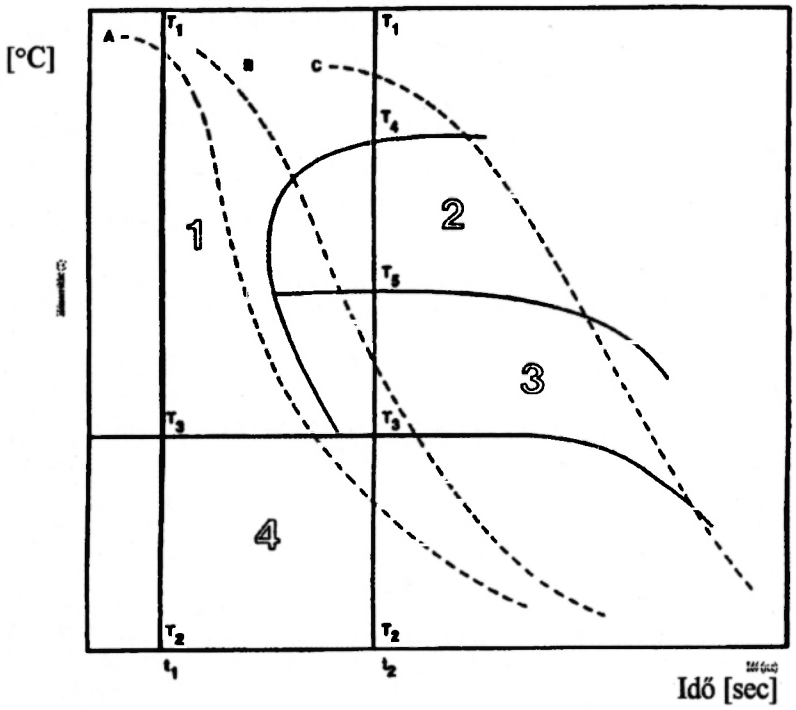
A tulajdonságokat befolyásolja az anyag mikroszerkezete, ami viszont ugyancsak a hőmérsékletváltozás sebességétől függ. Az anyag csak akkor viselkedik az egyensúlyi feltételeknek megfelelően, ha a hőmérsékletváltozás egyenletes (a darab fokozatosan hűl), itt a tulajdonságok a hőmérséklet függvényei.

A próbatest hőmérsékletének csökkenésével végbemehetnek szilárd állapotban is fázisátalakulások. Ezek az átalakulások az anyag szövetszerkezetének megváltozását eredményezik, amely változás befolyásolja a mechanikai és termikus tulajdonságokat. A szövetszerkezet megváltozását térfogatbeli változások is kísérik.

A fázisátalakulások létrejöttét befolyásolja a hűtési sebesség. A nem egyensúlyi hűtések esetén a fázisátalakulásokról az egyes anyagok IHÁ diagramjai adnak felvilágosítást (1.ábra).

Az A, B és C görbék különböző hűtési sebességet jelölnek. Látható, hogy az anyagban különböző hőmérsékleteken és különböző időpillanatokban fázisátalakulások mennek végbe, a keletkező fázisok fajtája függ a hűtési sebességtől. Az A hűtés esetében az 1-es fázis egy adott hőmérsékleten 4-es fázissá alakul át. A B és C hűtések esetében az anyagban háromszor megy végbe fázisátalakulás. Az 1, 2, 3 és 4 fázisok szövetelemei az ausztenit, perlit, bénit és martenzit.

A hőfeszültségek tanulmányozásánál a fázisátalakulás okozta térfogatbeli változásokat a hőtágulási tényezőn keresztül lehet figyelembe venni. Rendelkezésre kell álljanak továbbá az adott lehűlési sebességhez tartozó fázisátalakulások hőmér-séklet-idő koordinátái egy bizonyos hőmérséklet intervallumban, ezen túlmenően az elemzés alá eső teljes hőmérséklet intervallumot is meg kell adni.



1. ábra IHÁ (Idő Hőmérséklet Átalakulás) diagram

A végeselemes modellben a hűtési sebesség hatásának szimulációjához szükséges az, hogy a próbatest anyagjellemzőit két mennyiség - az idő és a hőmérséklet - függvényében tüntessük fel.

A tulajdonságok interpolálására a kétdimenziós interpolációs eljárást alkalmazzák, amelynek során az idő változót diszkretizálják. A feszültség-eloszlást diszkrét időlépésekben számoljuk és feltételezzük, hogy az anyagjellemzők a darab teljes egészében lineárisan változnak a hőmérséklet függvényében, minden egyes időpontban. Ezeket az anyagjellemzőket a program az elemzés során minden egyes növekménynél újraszámolja. Például a t_1 pillanatban a darabra az 1-es és a 4-es fázis jellemző és ez a T_1, T_3 valamint a T_3, T_2 hőmérsékletek között van.

Hasonlóan, a t_2 pillanatban az anyagjellemzők az egyes hőmérséklet intervallumokban a négy fázisnak (a T_1-től T_4-ig az 1-es fázisnak, T_4-től T_5-ig a kettesnek, a T_5-től T_3-ig a hármasnak, a T_3-tól a T_2-ig a négyes fázisnak) megfelelőek.

Az interpolációs módszer megválasztásánál fő szempont az adatok típusa. A lineáris interpolációt hatékonyan lehet alkalmazni az ilyen esetekben, amikor a tulajdonságjellemzőket az idő és hőmérséklet függvényeként táblázatos formában ki lehet fejezni.

A feszültségek tanulmányozásakor feltételeztük, hogy a fázisátalakulásokkal járó térfogatváltozás egy Δ T hőmérséklet intervallumban játszódik le és a tér minden irányában egyenletes. Így a térfogatváltozás hatását egy módosított hőtágulási tényezővel tudjuk kifejezni, amelynek értéke - egy ΔT hőmérséklet intervallumban háromszög eloszlású α(T) esetén - az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$\alpha_m = \frac{2}{\Delta T}\left[\sqrt[3]{1+\Phi} - 1\right]$$

ahol ϕ a térfogatváltozás.

Összefoglaló

A számítógép segítségével ma már összetett problémák megoldására és tanulmányozására nyílik mód. A hőkezelési folyamatok számítógépes modellezését a végeselemes programok elterjedése teszi lehetővé. A bonyolult számítások viszonylag rövid idő alatt elvégezhetők, összekapcsolható a hőmérsékleteloszlás elemzése a fázisátalakulásokból eredő feszültségeloszlás tanulmányozásával a próbatest teljes térfogatában.

Jól tanulmányozható a hőkezelést befolyásoló tényezők kapcsolatrendszere, így az optimális hőkezelési paraméterek megválasztását is el tudjuk végezni. Nehézséget jelent azonban a bonyolult kapcsolatrendszer egyes tényezőinek modellezése. A témával foglalkozó irodalmakban közzétett számított illetve mért adatok jó összhangja is bizonyítja az ilyen fajta megközelítések helyességét.

Irodalomjegyzék

[1] MARC Reference Manual, Volume A: User Information

[2] F. Potier, J. Devaux, J.M. Bergheau: Simulation Numerique des Changements de Phase du Rayonnement et de la Convection. Application aux Traitments Thermiques. Journee D'etude du 06/02/91.

Johanyák Edit, okleveles gépészmérnök, tudományos segédmunkatárs, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Mechanikai Technológia Tanszék, H6001 Kecskemét Pf. 91.
Tel.:-36-76-481 291, Fax:-36-76-481 304, e-mail: edit@gandalf.gamf.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

WORLD WIDE WEB KERESŐRENDSZEREK FEJLŐDÉSE

Johanyák Zsolt Csaba

Keresés egy WWW szerveren belül

A felhasználók életének megkönnyítése érdekében az első lépést a WWW szerver programok készítői tették meg beépítve rendszereikbe a kulcsszó alapján történő keresés lehetőségét. A kereshetőség megteremtéséhez az alapot a WWW lapok készítésénél használt HTML nyelv <ISINDEX> mezője biztosítja. A fenti mezővel megjelölt szavak kulcsszavakká (indexekké) válnak. A böngésző program címsorában az URL cím után egy kulcsszavat és kérdőjelet megadva letölthetjük az adott szót tartalmazó lapot a szerverről. A módszer hátránya, hogy csak teljes kulcsszó egyezés esetén működik és csak azokat a szavakat kereshetjük, melyeket a lap készítője előre indexként kijelölt.

A fejlődés második fokozatát a WAIS protokoll WWW-be történő integrálása jelentette, ami lehetővé teszi az ún. teljes szöveges indexelést, vagyis azt, hogy a lapokon található minden szó keresési kulcsként felhasználható legyen.

Nem kellett sokáig várakozni a kezelés egyszerűsítésére sem. A Common Gateway Interface (CGI) kifejlesztése az űrlapok megjelenését eredményezte, melyek kitöltésével a felhasználó WWW böngészője segítségével adatokat küldhet a távoli szerveren a háttérben futó programok számára. Az interfész jelentősége túlmutat az egy szerveren belüli keresés kérdéskörén. Segítségével lehetővé vált egyszerű és könnyen kezelhető felület készítése adatbázisok és egyéb szolgáltatások igénybevételéhez.

Szolgáltatók - szerver alapú keresés

Az előző módszer nagy hátránya, hogy a felhasználó részéről előismereteket feltételez, azaz legalább azt tudni kell, hogy a keresett dokumentum melyik szerveren található. A problémára több megoldás is született. Egyrészt az újdonságokról beszámoló levelezési listák (pl. wagnerur), melyre feliratkozva az érdeklődő minden, a lista karbantartójának bejelentett, új WWW lapról értesül. Másrészt megjelentek a címeket tartalmazó adatbázisokat üzemeltető szolgáltatók. A felhasználó ezen információ-gyűjteményekben kutatva tudhatja meg, hogy hol találhatja, hogyan érheti el az őt érdeklő dokumentumot vagy szolgáltatást.

A tárolt adatok nagy mennyisége miatt és a gyors visszakeresés érdekében ezeket általában szakterületek, témakörök szerint egy hierarchikus rendszerbe csoportosítják. A legtöbb keresőrendszer szolgáltatásaiért nem kell fizetni, vagy csak egy-két különleges szolgáltatás van díjhoz kötve. A fenntartást egyrészt szponzorok, másrészt reklámbevételek útján oldják meg. Az adatbázisok létrehozásának módja szerint két fő csoportot különböztethetünk meg, a regisztrációs bejegyzésen és a robotokon alapuló szervereket.

Regisztráción alapuló kereső-adatbázisok

Ezek képezik a kereső szerverek első generációját. Mint ahogy azt az elnevezés is sugallja egy ilyen adatbázisba jelentkezés alapján lehet bekerülni, azaz aki azt szeretné, hogy WWW lapja, szolgáltatása szerepeljen a nyilvántartásban az rendszerint egy űrlap kitöltésével megküldi a szükséges információkat az adatbank üzemeltetőjének. Ezt regisztrációnak nevezik. Néhány általános és speciális keresőrendszer neve és címe szerepel az 1. táblázatban.

1. táblázat Regisztráción alapuló adatbázisok

Általános kereső szolgálatok	Speciális kereső szolgálatok
Clearinghouse *http://www.clearinghouse.net*	**Apollo** *http://apollo.co.uk*
CUI Catalog *http://cuiwww.unige.ch/w3catalog*	**Ariadne** *http://ariadne.inf.fu-berlin.de:8000*
Dino *http://www.dino-online.de*	**BizWiz !** *http://www.bizwiz.com*
Galaxy *http://www.einet.net*	**Britannica Online** *http://www.eb.com*
Interlinks *http://www.nova.edu/Inter-Links*	**DIB** *http://www.branchenbuch.de*
IntIndex *http://www.silverplotter.com/intindex/intro.htm*	**Four 11** *http://www.four11.com*
Magellan *http://www.mckinley.com*	**Gamelan** *http://www.gamelan.com*
Planeth Earth *http://planetearth.net/SanDiego/index.html*	**Internet Address Finder** *http://www.iaf.net*
SDSC *http://www.sdsc.edu/sdsc/Geninfo/Internet*	**InterNic** *http://www.internic.net*
Starting Point *http://www.stpt.com*	**Linkstar** *http://www.linkstar.com*
The Whole Internet Catalog *http://www.gnn.com/gnn//wic/index.html*	**Logos** *http://www.logos.it*
WEB.DE *vroom.web.de*	**Mesh** *http://www.ip.net/cgi-bin/mesh*
WWW Virtual Library *http://www.w3.org/hybertext/DataSources/bySubject/Overview.html*	**SFB Glossary** *http://wings.buffalo.edu/SBF/thumbtabs.html*

Robot alapú keresőrendszerek

A robotok olyan programok, melyek a Web szövevényén végighaladva automatikusan feldolgoznak minden dokumentumot. Egy URL-höz érve letöltik az általa jelölt lapot, majd azt feldolgozva a benne szereplő kapcsokon haladnak rekurzívan tovább. A robot feladatai közé tartozik a halott, már nem létező dokumentumra mutató kapcsok felkutatása, a tükrözések felismerése, a szerveren belüli, relatív címzés átalakítása abszolúttá, az indexek, azaz bejegyzések előállítása az adatbázis számára. A rendszer egy óriási gráfnak tekinti a Web-et, ahol a lapok képezik a csomópontokat, míg a kapcsok az éleket. A letöltést párhuzamosan futó ügynök programok hajtják végre. Ezek átadják a kereső gépnek a lapokat vagy

ahibaüzenetet halott kapocs, illetve átviteli hiba esetén. A kereső gép minden letöltött dokumentumon egy lexikális elemzést hajt végre, melynek célja a tartalomra nézve jellegzetes, fontos kifejezések kiemelése és elhelyezése az adatbázisban. Az elemzés kiterjedhet a teljes szövegre, címre, kivonatra, a dokumentumot tartalmazó gép INTERNET címére, vagy csak ezen adatok egy részére.

3. táblázat Robot alapú keresőrendszerek

Alta Vista *http://altavista.digital.com*	**Lycos** *http://lycos.cs.cmu.edu*
DejaNews *http://www.dejanews.com/forms.dnq.html*	**Open Text** *http://www.opentext.com:8080*
Excite *http://www.excite.com*	**RBSE** *http://rbse.jsc.nasa.gov/eichmann/urlsearch.html*
Flipper *http://frp.cs.tu-berlin.de/flipper/index.html*	**WebCrawler** *http://wc3.webcrawler.com*
InfoSeek Guide *http://www2.infoseek.com*	**WWW Worm** *http://www.cs.colorado.edu/WWWW*
Inktomi *http://inktomi.berkeley.edu*	**Yahoo!** *http://www.yahoo.com*

A szolgáltatás igénybevevője egy felhasználói felületen keresztül kapcsolódik az adatbázishoz. A Háló rendszerezett végigböngészésének eredményeképpen idővel szinte minden lap jellemzői automatikusan bekerülnek a nyilvántartásba. Ez olyan mértékű gép és tárolási kapacitást igényel, hogy már most is a legtöbb keresőrendszer több, egymással összekapcsolt gépen fut. A mindent átható Szövet csomópontjainak száma azonban exponenciálisan növekszik, és evvel a tempóval nem igazán tudnak lépést tartani a kereső robotok, ezért, ha valaki mindenképpen be szeretné juttatni a lapjára vonatkozó információkat, akkor nem árt, ha közvetlenül felhívja rá a szolgáltató figyelmét. Egyes rendszereknél ez történhet e-mail útján, míg mások letölthető űrlapokat bocsátanak az érdeklődők rendelkezésére.

A robot alapú keresők megjelenése a szolgáltatások körének bővülését eredményezte. A kereső kérdések megfogalmazásakor lehetőség van logikai és közelség (proximity) operátorok, ellenőrzött mezők felhasználására, valamint egyes esetekben a szavakat súlyozni is lehet. A találatlista relevancia alapján sorba rendezve jelenik meg. Természetesen vannak gyenge pontok is. A keresés során a szavak közti szemantikai kapcsolat nincs figyelembe véve, ami a nagyméretű adatbázisok következtében magas találatszámot eredményez, és ebből a felhasználónak kell nem kis energiával és időráfordítással az értelmes eredményeket kiválogatnia. A fontosabb robot alapú keresőrendszerek címei és jellemzői megtalálhatóak a 2. táblázatban

A robotok megjelenése jelentős fejlődést eredményezett a keresőrendszerek által nyújtott szolgáltatásokban, de emellett negatív hatásai is vannak. Az ügynökök folyamatosan újabb és újabb lapokat töltenek le, ami egyrészt erősen leterheli a hálózatot, másrészt csökkenti a felkeresett WWW szerverek teljesítményét. Ez utóbbi kivédésére létrejött egy egyezmény (Standard for Robot Exclusion), ami azon alapszik, hogy a szerver könyvtárrendszerében elhelyeznek egy speciális állományt, amelyből a robotok megtudhatják, hogy mely dokumentumokhoz, vagy a könyvtárrendszer mely részéhez férhetnek hozzá. Természetesen ez csak addig jelent védelmet, míg olyan robot programok készülnek, amelyek betartják ezt az előírást.

A Web fejlődési üteme és a hálózat leterhelése megkérdőjelezi a robotok jövőjét. A keresőrendszerek következő generációinak a találatok jelenlegi magas számából eredő problémákat is meg kell majd oldania. Olyan keresési eljárások megjelenése várható, melyek figyelembe veszik a kulcsszavak közti szemantikus és hierarchikus kapcsolatot is.

Aliweb - egy alternatív megoldás

A robot alapú keresőrendszerek hátrányainak felismerése különböző alternatív megoldások megjelenéséhez vezetett. Az Aliweb (*http://web.nexor.co.uk/aliweb/doc*) az Archie ötletén alapszik, innen ered elnevezése is (Achie Like Indexing the Web). A rendszerhez csatlakozott WWW szerverek helyileg hozzák létre, kezelik és tárolják az indexadatokat. Meghatározott időközönként a keresőszolgálatok átveszik ezeket az információkat. A hálózat terhelése csökken, mivel nem a teljes dokumentumokat, hanem csak a strukturált indexállományokat kell átvinni. A rendszer hátránya, hogy a szerzőknek vagy a helyi adminisztrátoroknak kell létrehozni és karbantartani az index adatokat.

Köszönetnyilvánítás

A témához kapcsolódó kutatásban jelentős segítséget nyújtott a Collegium Hungaricum által biztosított Bécs-i kutatói ösztöndíj.

Irodalomjegyzék

[1] Bekavac, B.: Suchverfahren und Suchdienste des World Wide Web, Nachrichten für Dokumentation, 1996/4, pp. 195-213.

[2] Koster, M.: WWW Robots, Wanderers and Spiders, http://info.webcrawler.com/mak/projects/robots/robots.html

[3] Koster, M: Robots inthe Web:threat or treat?, http://info.webcrawler.com/mak/projects/robots/threat-or-treat.html

[4] Koster, M.: ALIWEB Archie-Like Indexing The Web, Proceedings of the first International World Wide Web Conference, Geneva, May 1994.

[5] Egyre gyorsabbak, de nem mindig jobbak a webes keresők, PCWorld, 1996 október, pp. 38-43.

Johanyák Zsolt Csaba, főiskolai adjunktus, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola,
Informatika Tanszék, H6001 Kecskemét Pf. 91.
Tel.:-36-76-481 291, Fax:-36-76-481 304, e-mail: csaba@gandalf.gamf.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

KONSTRUKCIÓS HIBALEHETŐSÉG ÉS HIBAHATÁS ELEMZÉS TUDÁSALAPÚ TÁMOGATÁSA

Johanyák Zsolt Csaba

Előzmények

A vállalati minőségrendszerrel szemben támasztott követelmények és az elemi gazdasági érdekek is megkívánják egy olyan eszköz csatasorba állítását, mely a minőséghurok lehető legkorábbi szakaszában felismeri az egyes hibalehetőségeket, megbecsüli az általuk képviselt kockázatot, és igyekszik megszüntetni vagy csökkenteni azt. Azokon a területeken, ahol nem rendelkezünk megfelelő számadattal a meghibásodási lehetőségekre és ezek bekövetkezési valószínűségére vonatkozóan, azaz nem alkalmazhatóak a megbízhatóság-elmélet hagyományos módszerei, kiváló eszköznek bizonyulhat a hibalehetőség és hibahatás elemzés (FMEA), mely egy rendszerezett keretet biztosít a problémák korai felismeréséhez és orvoslásához. Az eljárás alkalmazása az ISO 9004 ajánlásai között is szerepel. A módszer gyenge pontja abban rejlik, hogy hagyományos megvalósítása jelentős időbeli és anyagi ráfordítást igényel, valamint az egyes hibalehetőségek felismerését és kezelési módjának kidolgozását befolyásolja egy sor környezeti tényező (hangulat, visszaemlékezési képesség, stb.). Bár az alkalmazott táblázatos dokumentálási technika biztosítja a jó áttekinthetőséget, a benne tárolt tudásanyag nehezen kereshető, nyerhető vissza. Így gyakran előfordul, hogy a csoport kénytelen teljes egészében vagy részben ugyanazt a munkát kétszer vagy többször elvégezni azonos vagy hasonló termékek, folyamatok vagy rendszerek esetében. Az utóbbi években felmerült a számítógépes támogatás kérdése is, de a jelenleg piacon levő szoftverek többsége passzív szereplő az elemzés során, és bár jobbnál jobb felhasználói felületekkel rendelkeznek, és könnyen kezelhetőek, de az általuk nyújtott szolgáltatások legtöbbször kimerülnek az egyszerű szövegszerkesztési és adatbázis-kezelési feladatok megoldásában.

A mesterséges intelligencia térhódítása néhány tudásalapú alkalmazás megjelenését is eredményezte, de ezek nagyrészt folyamatelemzésre készültek, és csak a jelenlegivel azonos korábbi folyamatterv felkutatása, valamint az annak végrehajtása során tapasztalt hibák, hibalehetőségek és intézkedések felsorolására képesek.

A Kecskemét-i Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola Informatika Tanszékén folyó kutatómunka célja egy komplex szoftverrendszer kifejlesztése, mely kapcsolódik egy CAD rendszerhez,

és az abból átvett szerkesztési, valamint a tervező által megadott funkcionális adatokból kiindulva tudásalapú támogatást nyújt a konstrukciós FMEA végrehajtásához.

A rendszer szerepe az FMEA végrehajtás folyamatában

A rendszernek nem célja az FMEA csoportban részt vevő szakemberek helyettesítése, hanem éppen ellenkezőleg, azok munkáját könnyíti és gyorsítja meg. Alkalmazásával az elemzés folyamata kissé módosul. Minden konstrukció áttekintésének megkezdésekor megvizsgálja a rendszer, hogy elemeztek-e már hozzá hasonlót. Amennyiben történt ilyen, akkor azonnal rendelkezésre bocsátja a korábban betáplált adatokat és szabályokat. A rendszer fő erénye azonban abban rejlik, hogy a hasonlóság figyelembevételével javaslatokat tesz arra vonatkozóan, hogy mely veszélyes pontokat kell feltétlenül megvizsgálni, és milyen javítási, megelőzési módszereket érdemes alkalmazni a korábbi tapasztalatok tükrében. A csoporttagok megtárgyalják az előállított listát, értékelik és szükség esetén kiegészítik, módosítják azt. Ezt követően a rendszer eltárolja egy hierarchikus objektumstruktúrában, a minőségrendszer dokumentálásra vonatkozó előírásainak megfelelően, az FMEA elemzések végrehajtása során megjelenő szakmai tudásanyagot, a gyakorlati tapasztalatokat és a csoporttagok által megfogalmazott szabályokat.

A rendszer felépítése és működése

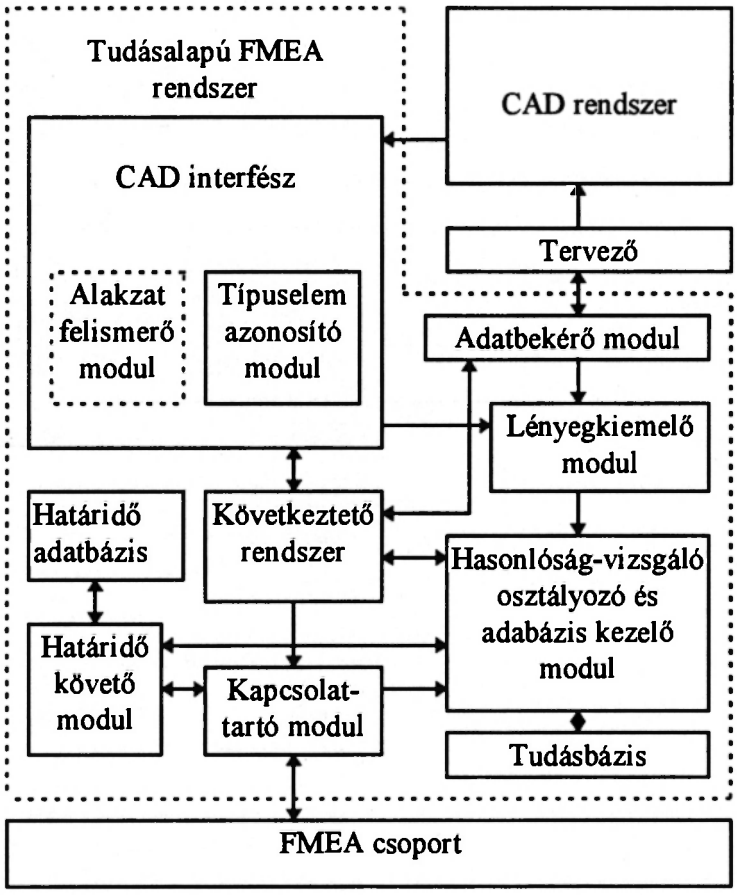
A kifejlesztésre kerülő szoftver egy több modulból felépülő komplex rendszert képez (1. ábra). A jelenlegi kutatási program keretében a CAD rendszerrel kapcsolatot létesítő modul csak elemkészletből felépített konstrukció részeinek felismerését fogja lehetővé tenni. További, önálló kutatási cél lehet egy olyan tudásalapú rendszer kidolgozása, mely alakzat-felismerési feladatokat látna el, azaz azonosítaná a CAD rendszerben tervezett nem tipizált elemeket is. Az interfész modulnak biztosítania kell az eset leírásához szükséges CAD adatok beszerzését, valamint az FMEA végrehajtása során a korábbi, hasonló esetek adaptálásából eredő szabályok alkalmazásához esetleg szükséges ellenőrzések támogatását.

A felmerülő hibalehetőségeket és kockázatokat befolyásolják a geometriát, az anyagot és a többi elemhez való kapcsolódást leíró - a CAD rendszertől beszerezhető - adatok, valamint a konstrukció feladatára, működési körülményeire vonatkozó funkcionális információk összessége. Ezeket a tervezőtől interaktív módon szerzi be a rendszer az adatbekérő modul segítségével.

A két irányból érkező kiinduló adatokat egy lényegkiemelő modul dolgozza fel, és munkája eredményeképpen megszületik az esetleírás. Ezt továbbítja a rendszer a hasonlóság-vizsgáló/osztályozó és adatbázis-kezelő részhez, melynek feladata a jelenlegivel azonos, vagy ahhoz hasonló eset keresése a tudásbázisban. Teljes egyezés hiányában a hasonlóság keresés érdekében végrehajtja az esetleíráson a szükséges absztrakciókat is.

A tudásbázis felépítése illeszkedik az alkalmazott hasonlóságvizsgálati módszerhez, a visszakeresés egyszerű és gyors megvalósítása érdekében. A tudásbázisba az ún. teljes esetleírások kerülnek, melyek magukba foglalják az esetek azonosításhoz szükséges leírást valamint a korábbi tapasztalatok, szabályok ábrázolását. A felhasználás céljára történő optimalizálás érdekében egy hierarchikus objektumszerkezeten alapuló felépítmény tűnik a leghatékonyabbnak. Ebben az esetek hasonlóságuk alapján több szinten objektum csoportokba és alcsoportokba vannak szervezve. A közös jellemzők az egyes esetekből ki vannak emelve, és csak egyszer kerülnek tárolásra a csoport általános leírásában.

A következtető rendszer feladata a jelenlegivel azonos vagy csak hasonló esetről eltárolt információk és szabályok alapján a kritikus pontok, szükséges ellenőrzések megnevezése, valamint javaslattétel a kockázati mérőszámok nagyságára vonatkozólag. A potenciális hibalehetőségek feltárásához szükség lehet további adatokra, melyeket egyrészt a CAD rendszer által előállított tervből (a CAD interfészen keresztül), másrészt magától a tervezőtől (az adatbekérő modulon keresztül) kell beszerezzen a rendszer.



1. ábra A rendszer felépítése és kapcsolatai

A kapcsolattartó modul megjeleníti a következtető rendszer által generált listát, és lehetővé teszi a csoport tagjai számára, hogy ennek megvitatása után, kiegészítsék, módosítsák, vagy egyszerűen elvessék azt. Lehetőség van további, az aktuális esethez kapcsolódó szabályok bevitelére. Ezek hasznosnak bizonyulhatnak későbbi elemzések során. Az FMEA végleges formája bekerül a tudásbázisba. A munka során intézkedési javaslatok születnek felelősök és végrehajtási határidők megnevezésével. Ezek eredményességéről egy utólagos elemzés során kell meggyőződjön a csoport. A határidő-követő modul feladata ezen tevékenység menedzselése. A gyakorlati megvalósításra szánt időtartam leteltével automatikusan figyelmezteti a kapcsolattartó modulon keresztül a csoportot a visszatérő elemzés szükségességéről, valamint a tudásbázis kezelő modulon keresztül kikéri a tudásbázisból, és hozzáférhetővé teszi a korábbi

elemzés dokumentumait. A nyilvántartást egy határidő adatbázis teszi lehetővé, mely minden egyes kiemelt időpont mellett egy utalást tartalmaz a megfelelő FMEA tudásbázisbeli elérhetőségére.

Összefoglalás

Az FMEA csoport tagjai szakmai tapasztalatuk alapján megpróbálják megjósolni és kiküszöbölni a meghibásodási lehetőségeket. A munka hatékényságát jelentős mértékben növelheti az ismertetett modell alapján felépülő komplex tudásalapú szoftver. A rendszer szervesen illeszkedik a vállalati információs és minőségrendszerhez, lehetővé teszi annak hatékony munkáját a korai objektív hibafelismerés és javítás következtében. Elősegíti a vállalat nemzetközi versenyképességének és külső megítélésének javulását, és ezáltal a társadalmi és gazdasági fejlődést is szolgálja.

Köszönetnyilvánítás

A témához kapcsolódó kutatásban jelentős segítséget nyújtott a Collegium Hungaricum által biztosított Bécs-i kutatói ösztöndíj, valamint a Bács-Kiskun Megyei Fejlesztési Alapítvány anyagi támogatása.

Irodalomjegyzék

[1] Hunt, J.; Price, Ch.: Experiences from introducing FLAME into Ford and Jaguar, 12th European Conference on Artificial Intelligence - ECAI '96, Budapest, pp. 48-53.

[2] Knauff, M.; Schlieder, Ch.: Similarity assesment and case representation in case-based design, EWCBR '93, University of Kaiserslautern, pp. 37-42.

[3] Kolodner, J.: Case-based readsoning, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 1993

[4] Ormsby, A. R. T.; Hunt, J. E.; Lee, M. H.: Towards an Automated FMEA Assistant, Applications of Artificial Intelligence in Engineering, Computational Mechanics Publications, Boston, 1991, pp.739-751.

[5] Weß, S.: PATDEX - ein Ansatz zur wissensbasierten und inkrementellen Verbesserung von Ähnlichkeitsbewertungen in der fallbasierten Diagnostik, Expertensysteme '93, Springer Verlag, Berlin, 1993, pp. 42-55.

Johanyák Zsolt Csaba, okleveles gépészmérnök, minőségügyi mérnök, főiskolai adjunktus, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Informatika Tanszék, H6001 Kecskemét Pf. 91.

Tel.:-36-76-481 291, Fax:-36-76-481 304, e-mail: csaba@gandalf.gamf.hu

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

PNEUMATIKUS CÉLGÉPVEZÉRLÉS

Farkas Lóránd

Jelen dolgozat a kizárólag sűrített levegővel működtetett célgépek vezérlésének sajátosságaival kíván foglalkozni.

Olyan vezérlőegységek kerülnek bemutatásra, amelyeknek munkaütem léptető, jelbeviteli illetve biztonságtechnikai szerepük van.

Gyakorlati alkalmazásként egy belsőkamra kivágó célgép leírására kerül sor.

1.Néhány szó a pneumatikus vezérlésről

Ahogy általában minden több műveletet végző célgép, egy sűrített levegővel működtetett célgép is egy előzetesen felvett (természetesen módosítható) ütemdiagramm szerinti munkaütemet követ.

A munkavégző elemek ütemezését olyan vezérlőelemek beépítésével valósítják meg, mint például a tulajdonképpeni vezérlők, az időzítőelemek, a logikai elemek, a kezelő- és jelbeviteli szervek.

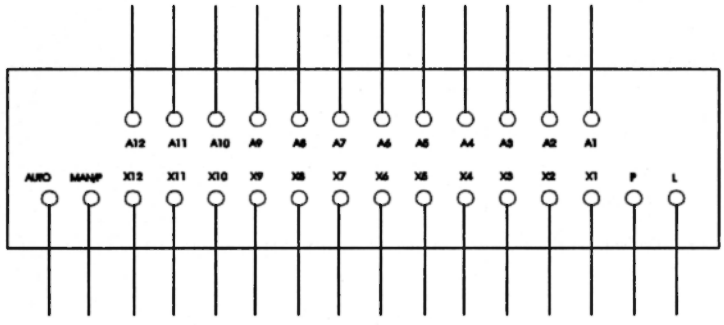
A tulajdonképpeni vezérlők valamint egyes biztonságtechnikai megoldások leírásával a következő 3 fejezet foglalkozik.

2.A gyorsléptető mint központi vezérlőelem

A gyorsléptető (QUICKSTEPPER) több bemenettel illetve kimenettel rendelkező egység, amelynél minden egyes X_n bemenet egy bizonyos A_n kimenethez van hozzárendelve. Mindig csak egy kimenet kap nyomást a kapcsolási lépések sorrendjének megfelelően. A többi kimenet ekkor lefúvat.

A lépések sorrendje a beépített számláló segítségével követhető soron.

A gyorsléptető biztonsága érdekében a következő kapcsolási lépés csak akkor kezdődhet, ha az előzőt végrehajtotta és nyugtázta.



Az AUTO csatlakozásra indítójelet kell adni, másképp a léptetési folyamat nem játszódik le. Ez esetben viszont a gyorsléptetőt nem lehet kézi kapcsolásos üzemmódban működtetni.

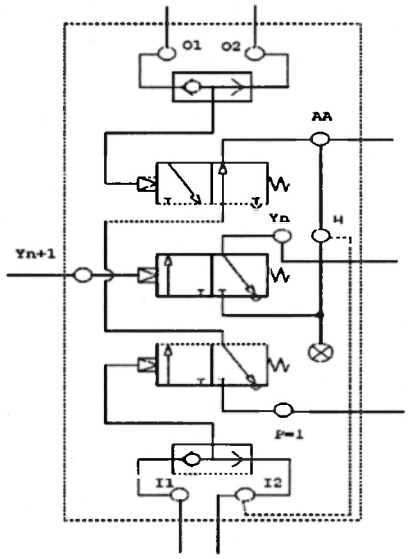
A léptetőt kommandó egység (beépített parancsfunkciós, ugyancsak pneumatikusan működtetett egység) segítségével, vagy külső, ütemláncos vezérléssel lehet működtetni. Az előbbi két megoldás kombinációja is lehetséges.

P - vezérlőlevegő csatlakozás.

A MAN/P csatlakozásra a vezérlőlevegőt kell kötni abban az esetben, ha a léptető kommandó egység nélkül működik, vagy ha ez egy külső MAN előválasztóból jön.

3.Jelbeviteli technika. A tároló modul

A tároló modul az a vezérlőegység, amely biztosítja a célgép működtetéséhez szükséges jelbevivő funkciók (START, STOP, VÉSZ-KI stb.) valamint az üzemmód előválasztási feltételek összekapcsolását.



Az ütemláncba való belépéskor az Y_{n+1} csatlakozásra a lánc utolsó ütemének megfelelő jelet kell adni. Ezáltal biztosított az ütemlánc újraindítása a ciklus végén.

A tároló modul aktiválásához az I_1 vagy I_2 csatlakozásra kell jelet adni.

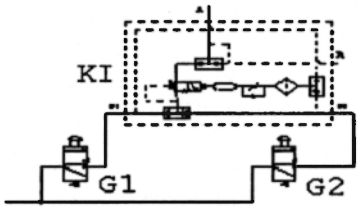
Ha az egyik bemeneti csatlakozást (pl. I_2) kapcsolatba hozzuk a H csatlakozással, ezáltal indítás után a tároló öntartása biztosított, ekkor az AA kimeneten állandó jel van.

Ha az O_1 vagy O_2 kimenetre adunk jelet, ez az ütemlánc megszakítását vonja maga után.

P - vezérlőlevegő csatlakozás.

3.Biztonságtechnika. A kétkezes indító

A célgépek működése során is nagyon fontos, hogy a gépkezelő semmiféle sérülésveszélynek ne legyen kitéve. A gépekre a mozgó alkatrészektől távoltartó védőrácsok és védőernyők felszerelése mellett alapvető feltétel, hogy a gépet csak a munkadarab elhelyezésének bevégzése után szabad elindítani. Ezután a gépkezelőnek még véletlenszerűen sem szabad a munkatérbe benyúlni. Ebből a megfontolásból a célgépek többsége kétkezes indítással hozható működésbe.

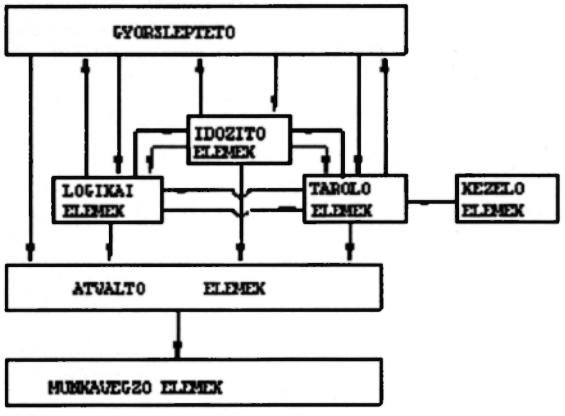


A G_1 és G_2 kézzel működtetett pneumatikus szelepek (nyomógombok) a kezelőoldalon, egymástól megfelelő távolságra vannak felszerelve.

Ha a nyomógombokat sorba kötjük, fennáll egyikük rövidrezárásának lehetősége, ekkor az indításhoz elegendő a másik gomb megnyomása. Ezért biztonsági okokból létrehozták a kétkezes vezérlőblokkot, amely esetében az A kimeneten 0,2 - 0,5 s - nál kisebb eltéréssel jelenhet meg a két bemenőjel. Az egyik vagy mindkét jel megszűnésekor az átáramlás azonnal megszakad.

4.A vezérlőelemek beépítése egy célgépbe

Modulárisan ábrázolva, egy pneumatikus célgép felépítése a következő:



Farkas Lóránd, okl. gépészmérnök - technológus, Electrolux Leisure Appliances Kft. H-5101 Jászberény, Pf. 64.
Tel.: (+36) 57 - 415 999 / 6505-ös mellék, Fax: (+36) 57 - 415 817

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

KASTÉLYKERTEK ÉPÍTETT ELEMEI

Fekete Albert

A dolgozat célja, a kastélykertek példáján keresztül rámutatni az épület és a kert, a művi és a természeti elemek kapcsolatának jelentőségére. A különböző korokban épített kastélyok és közvetlen környezetük bemutatásával, a műemlékegyüttes kertjeinek berendezési- illetve műtárgyainak ismrtetésével a civilizáció és a természet közti szoros összefüggést szeretném érzékeltetni, kihangsúlyozva a növényzet esztétikai szerepét egy emberarcú környezet kialakításában.

A dolgozat, a bemutatásra kerülő diapozitívek révén, elsősorban a műemlékkertek restaurációjához, rekonstrukciójához próbál támpontot, ötleteket nyújtani, de ugyanakkor kertépítészet-történeti ismeretterjesztő szerepe is lehet.

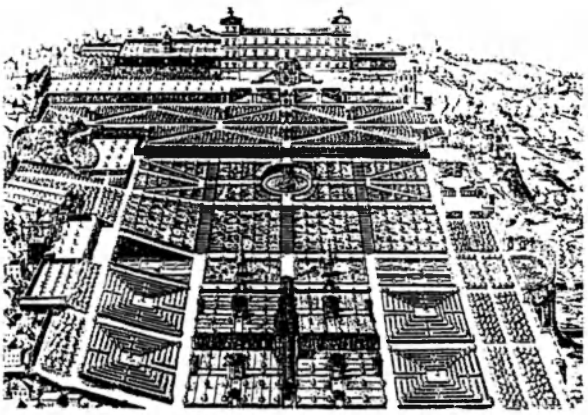
A történeti kertek nemcsak értékes művészeti alkotások, de kultúrtörténetünk fontos darabjai. Vizuálisan érzékelhető esztétikai összetevőiken túlmenően létezik egy múltba gyökerező erő, amely többé teszi ezen kertek bármelyikét egy-egy térképen feltüntetett zöld foltnál, alaprajzi formánál.

A történeti kertek általában valamilyen épülettel vannak kapcsolatban, annak kiegészítői. Olyan építészeti alkotásként foghatók fel, melyek történeti vagy művészi szempontból közérdekűek.

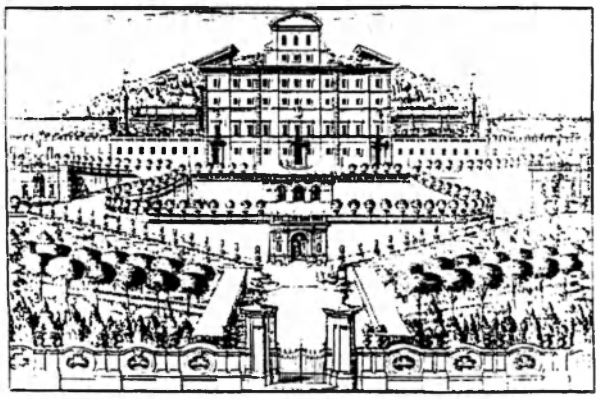
"A kert a civilizáció és a természet közti szoros kapcsolat kifejezője..."(4). Végigkövetve a különböző korok építészeti és kertépítészeti alkotásait, nyilvánvalóvá válik az épület és a kert, a művi és a természeti elemek kapcsolatának jelentősége. Ha az irányelvek, amelyek ezen kertek kialakulását vezérelték, a különböző eszmei áramlatok hatására eltérőek, és ezáltel a különböző korokban kialakított kertek , kertegyüttesek (akárcsak maguk az épületek) különböznek is egymástól, közös jellemvonásként kiemelhető az épületek és az azokat körülvevő kertek közti szoros kapcsolat. Ugyanúgy elképzelhetetlenek ezek az épületek a hozzájuk kapcsolódó kertek nélkül, mint ahogyan a kertek is üresek, céltalanok lennének az épületek hiányában.

A történeti kertek fontos csoportját képezik a kastélykertek. A kertépítészet történetében a kastélykertek aránylag fiatal alkotásoknak tekinthetők, hiszen igazából csak az újkorban, a reneszánsz felvirágzásával egyidőben váltak divatossá. A középkori várkastély védelmi funkciója folytán alkalmatlan volt

reprezentatív kastélykert kialakítására, nem is igazán létezett ilyen irányú igény akkoriban. Az itáliai reneszánsz tér és tömegformáló szemlélete azonban megváltoztatta az épületek külső és belső megjelenését. Az építészettel párhuzamosan a kertművészet is önálló művészeti ággá fejlődött. (1., 2. ábra)



Villa d'Este, Tivoli. Duperac metszete 1573.



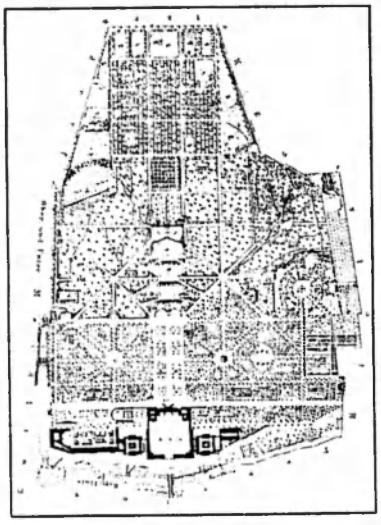
Villa Aldobrandini. Francia Homlokzat és díszkert (Specchi metszete)

A *reneszánsz kert* alapgondolata az, hogy a kert az épülettől függ, ezért alaprajzát szigorúan geometrikus tagoltsággal kell megoldani. Építettségével, szimmetrikus arhitektúrájával az épületet, mint kompozíciós központot hivatott kiemelni.

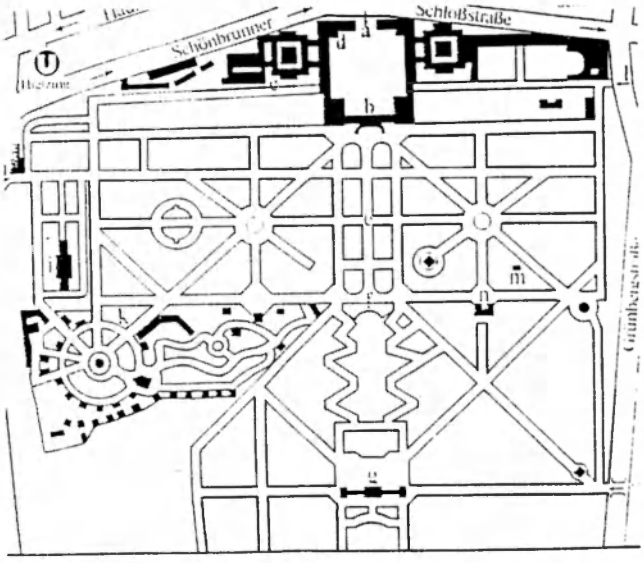
A reneszánsz kert bővelkedik építészeti megoldásokban, művi elemekben, amelyek szimmetrikus elrendezésük, szabályos formáik folytán szigorú rendbe kényszerítik a növényeket is, mértani összhangot teremtve épület és kert között.

Ugyancsak arhitektonikus kerttípust képvisel a *barokk kert* is. A barokk kert atyjaként Andre Le Notre-t, a Versaillesi-i palota kertjének tervezőjét és megalkotóját tartják számon.

Geometrikus arhitekturája folytán a barokk kert is erős építészeti vonásokat mutat. (3. ábra)



SCHÖNBRUNN



Általában sík területen fekszik és vizuálisan kapcsolódik a környező tájhoz. Ez a kapcsolat nagyobbbbnak láttatja a kertet, növelve annak monumentális hatását.

A magas növényi térfalak következtében a barokk kerti utak nagy távolságokon át érvényesülnek (akár több km-en). A kert hatalmas alapterülete, a lenyűgöző méretű, és ezáltal tömeghatású vízfelületek, gyepszőnyegek, parterrek mind a palota monumentalitását hivatottak kiemelni.

A barokk mondanivalóját, lényegét a kerti kép szemléletesen ábrázolja: az abszolut királyi hatalom, amely akaratát alattvalóinak millióira kényszeríti rá, a természet erejét is képes igában tartani, geometrikus formákba tömörítve a növényzetet, eltörölve a növények természetes, egyedi vonásait.

A barokk kert geometriája folytán a kastélyépület arhitektúráját követi. Kettőjük kapcsolatát lényegesen erősítik a kertben nagyszámban előforduló épített elemek: szobrok , ballusztrádok, teraszok, vízmedencék (nymphaeum), szökőkutak és egyéb vízarhitektúrák, padok, kerítések, stb.

Úgy a reneszánsz mint a barokk kertet tehát a geometria, az építettség jellemzi. Ennek a szabályos kialakításnak az ellentéteként jelenik meg Angliában a XVIII. sz.-ban a *tájképi vagy angol kert.*

A tájképi kertekben, amelyek az idő múlásával és a szemléletváltással Európaszerte egyre inkább elterjednek, a növények egyedi szépsége, természetes elrendeződése dominál. A szimmetria, a geometria teljesen vagy szinte teljesen hiányzik ezekben, a kert egésze természetközeli állapotot sugall. Az angolkertben az arhitektónikus kertekre jellemző kerti arhitektúrák visszafogottabban jelennek meg, tájba olvadnak. A kerti építmények jellege is megváltozik némiképp, a szobrok, pavilonok stílusa nem annyira hivalkodó.

A kastélykertekről, típusuktól függetlenül elmondható, hogy kialakításuk elsődleges szempontja az épületek belső terei és a kerti tér közti szoros kapcsolat kialakítása volt. Az épület-kert együttes kialakításánál a kellemes környezet megteremtésén kívül a kert szerepe az épület előnyös kiemelése, láttatása volt. A kerti kép megformálásában azonban nagyon fontos szerep jut a kert épített elemeinek, amelyek a hangulati hatás fokozásán kívűl sok esetben igen értékes művészi alkotások. Jelenlétük a növényzettel és az épülettel összhangban meghatározza a kert karakterét, hiányuk az épület-kert kapcsolatának felbomlásához vezet.

Irodalomjegyzék:

1.Dercsényi Balázs: *Magyar kastélyok* Officina Nova kiadó, Budapest, 1990.

2.Ormos Imre : *Kerttervezés története és gyakorlata* Mezőgazd. Kiadó, Budapest, 1958.

3.Rapaics Raymund : *Magyar kertek* Unio Civilis KFT, Budapest, 1993.

4. *** *Történeti Kertek és Kertegyüttesek Nemzetközi Bizottságának "Firenzei Kartája"* Firenze, 1981.

Fekete Albert okleveles kertészmérnök, tájépítész doktorandusz hallgató

KÉE, Tájépítészeti, -védelmi, és -fejlesztési Kar, 1118 Bp., Villányi út 35.-43.

telefon: 166 5283, fax: 166 6220

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A TÖRTÉNETI ÉRTÉKŰ ZÖLDFELÜLETEK SZEREPE KOLOZSVÁR TELEPÜLÉSSZERKEZETÉNEK KIALAKULÁSÁBAN

Fekete Albert

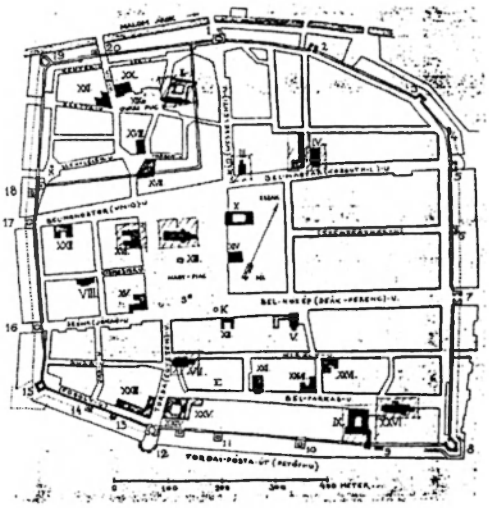
A műemlék értékű zöldfelületek koruk, művészi- és történeti értékük által kultúrtörténetünk fontos részét képezik. Míg a hatóságilag védett építészeti alkotásokról felmérés készül, védetté nyilvánítási határozat születik, az épületek környezete általában kimarad az ilyen jellegű nyilvántartásokból. Megállapítható tehát, hogy a kultúr- vagy helytörténeti jellegű kertépítészeti értékek védelme nem megoldott, noha településszerkezeti és -ökológiai szerepük közismert.

A dolgozat célja kihangsúlyozni ezeknek a régiség-mivoltukban is értéket képviselő természeti együtteseknek a településszerkezeti szerepét, meghatározni helyüket Kolozsvár zöldfelületi rendszerében. Nemcsak városépítészeti és -történeti szempontból fontosak ezek a területek, rekreációs, pszicho-szociális tényezőként is nélkülözhetetlen szerepet játszanak Kolozsvár mindennapjaiban.

A rekreációs és ökológiai szerep mellett a zöldfelületek a település szerkezetének, a településképnek fontos elemeit képezik. Egy település zöldfelületi rendszere településrészeket,, létesítményeket, épületeket választ szét, vagy éppen köt össze egymással, vagy a környező tájjal.

A városi zöldfelületek történetében fontos fejezetnek számít a történeti kertek kialakulása és fejlődése, hiszen a temetők mellett a főúri családok villakertjei, kastélyparkjai jelentették a települések szintjén az első nagyobb összefüggő zöldfelületeket. Annak ellenére, hogy ezek a területek nem egy tudatos településfejlesztési koncepció eredményeknrt jöttek létre, a későbbiekben fontos térszervező szerepet töltenek be a településszerkezet kialakításában.

A kolozsvári településszerkezet kilalkulásában kétségtelenül lényeges tényezőként tarthatjuk számon Zsigmond király 1405-ben kiadott rendeletét, amellyel Kolozsvárt Szabad Királyi Város rangjára emelte. A szabad ipar és kereskedelem fellegváraként az addig különálló vár és város egy testté nőtt össze. Szabálytalan úthálózat és belvárosi tereinek rendszere a középkori városok mintájára a templomok és egyházi épületek köré szerveződött. (1. ábra)



1. ábra
Kolozsvár belvárosa a templomokkal és egyházi épületekkel

Az első összefüggő zöldfelületet Kolozsvár esetében is , az akkor még városfalon kívül fekvő Házsongárdi temető jelentette, melynek megalapítását az 1586-os városi közgyűlésen rendelték el. Az esemény jelentőségét növeli az a tény, hogy törvény szögezte le, hogy ezentúl minden elhunytat, "mégpedig egytől egyig, személyválogatás nélkül" (1) a kijelölt helyre kell temetni. Ez a szigorú rendelet egy igencsak korai, de felettébb sikeres településszabályozási precedenst teremtett.

A modern értelemben vett várostervezés jóval később, a XIX. sz. elején indult meg Kolozsváron. 1820-ban megkezdték a terhessé vált városfalak lebontását, az utcák kikövezését, kivilágítását.

A városfalak lebontása azonba nem eredményezte egy olyan sugaras-gyűrűs útrendszer kialakítását mint amilyen a korabeli párizsi példa nyomán Európa számos városában is kialakult (pl. Bécsben, Berlinben, Münchenben, Budapesten, Szegeden, stb.). Ezekben a városokban a lebontott városfalak mentén úgynevezett "zöld gyűrűket" alakítottak ki. Kolozsváron maradt a többé kevésbé sugaras útrendszer.

A kolozsvári utcák befásításának szükségességét a városi tanács 1879-ben mondta ki, a munkálatok kivitelezőjeként az 1866-ban alakult Sétatér Egyletet nevezve meg. Ebben az időszakban azonban létezett már Kolozsváron néhány olyan nagyobb kiterjedésű, díszítő-rekreációs értékű zöldfelület, amellyel a terjeszkedő városnak mindenképpen számolnia kellett. Ezek a napjainkban már történeti értékű kertépítészeti alkotásként kezelendő zöldfelületek két nagy csoportot alkottak: a *magánkerteket* és a *közkerteket*.

A magánkertek többsége a nemesi családok palotáinak, villáinak kertjei közül került ki: a báró Jósika és a báró Kemény Ferenc féle kertek a Külmagyar utcában, gróf Kendeffy Ádám kertje a Külmonostor utcában, a Pákey-villa kertje a Majális utcában, a Mikó grófok nyárilaka körül kialakított 12 holdas park (az egykori gróf Bethlen Lajos kert), stb. Ez utóbbit gróf Mikó Imre a klasszicista stílusban épült nyárilakkal együtt 1859-ben az Erdélyi Múzeum Egyesületnek ajándékozta (a parkot az EME 1873-ban a frissen alakult kolozsvári tudományegyetem Növénytani Tanszékének adta el. Ezen a területen lett kialakítva Richter Aladár tanszékvezető által az Egyetem botanikus kertje).

A magánkertek egy másik csoportját az intézmények tulajdonában lévő kertek jelentették, amelyek közül az 1869-ben alakult Mezőgazdasági Akadémia arborétuma és tangazdasági területe érdemel említést.

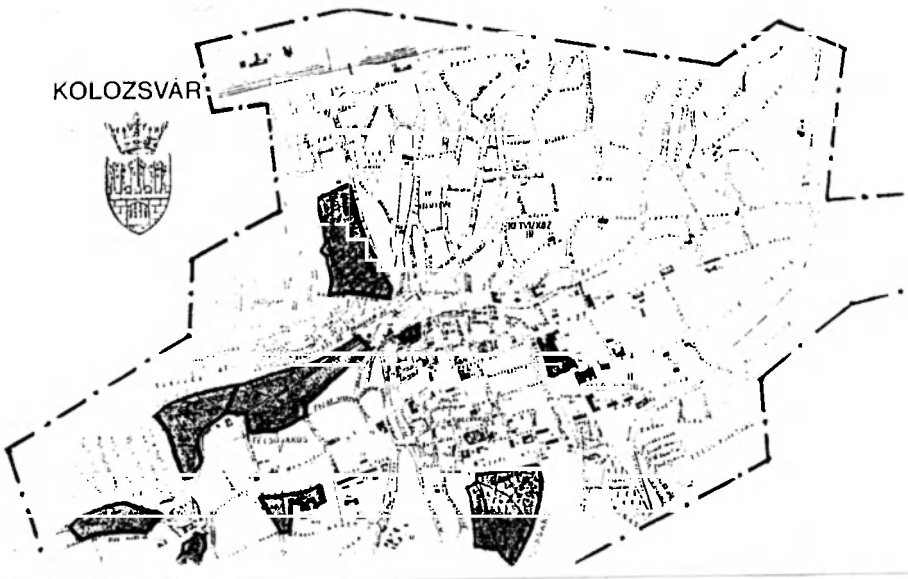
A XIX. sz-i fokozott urbanizációs folyamat Európaszerte az első közparkok megjelenéséhez, és ezek számának gyorsütemű növekedéséhez vezetett. Noha már a XVIII. sz-ban is létezett néhány közkert Európa nagyobb városaiban, ezek a közkertek a nemesi családok magánkertjeinek megnyítása révén váltak nyílvánossá. Az 1813-as évet tarják a mérföldkőnek, amikoris a világ első nyilvános, bárki által látogathatónak tervezett közparkját, a budapesti Városligetet átadták a nagyközönségnek. Tíz évre rá megnyílt a második hasonló jellegű zöldfelület, a bécsi Volksgarten, majd sorra rukkoltak ki Európa fővárosai hasonló jellegű létesítményekkel.

Kolozsvár közkertjeit tekintve igencsak kedvező helyet foglalt el ebben a hierarchiában, hiszen az első kezdeményezések egy városi szintű közpark (a mai sétatér) kialakítására már 1812-ben megtörténtek.[1].

A sétatéren kívül ott volt még a trencsinvárosi park, a Fásberek, a Pákey Lajos műépítész tervei alapján 1881-ben az óvárosi piac helyén létesült park, a Haller-kert, amelyet a Haller grófi család kapjoni ága alapított (Ez eredetileg magánkertként funkcionált, de az idők folyamán annyira nyitottá vált a nagyközönség előtt, hogy bárki látogathatta, és ezért még Népkertnek is nevezték), és a századokkal azelőtt létesült, azóta is egyre bővülő Házsongárdi temető (2. ábra).

A fenti felsorolásból is látható, hogy Kolozsvár múlt századi zöldfelületi rendszerének jelentős hányadát a rekreációs célú , történeti értékű zöldfelületek képezték. Ezek a létesítmények fontos szerepet játszottak a mai városszerkezet kialakításában, és nagyrészük a modern Kolozsvár zöldfelületi rendszerének aktív részét képezi ma is.

A közeljövőben olyan település- és regionális tervezésszemlélet lenne kívánatos, amely a települések építészeti emlékei mellett az illető objektumok környezetével, a beépítés és a táji elemekk kapcsolatával is számot tart. Ez lehetővé tenné a már meglévő zöldfelületek városképi és településszerkezeti elemzését, és egy fontossági sorrend kialakítását az -elsősorban történeti értékű- zöldfelületek fenntartását, rekonstrukcióját illetve restaurációját, valamint a kialakítandó zöldfelületek helyének meghatározását illetően.



[1] Ez volt az az év, amikor a város hat évre bérbe adta Meleg János szűcsmesternek a "hangyásberket", hogy ott "bort, sert, méhsert, és élelmet árulhasson"(4), kikötve, hogy a bérlő "a füzest és az eperfákat nem bánthatja"(4).

Irodalomjegyzék:

1.Bálint István János: *Kolozsvár* , Polygon Kiadó, Budapest, 1989.

2.Hegedüs István: *A kolozsvári Város Szépítő Egylet munkálkodása*, nyomatott Stein Jánosnál, Kolozsvárt, 1886.

3.Jámbor Imre, Mezősné Szilágyi Kinga: *A zöldfelület-tervezés fejlesztése, a belterületi zöldfelületek terhelésének, terhelhetőségének vizsgálati és értékelési módszerei*, Grotta Táj- és Kertépítészeti Műhely, Budapest, 1995.

4. Kőváry László: *A kolozsvári sétatér keletkezése és fejlése* , Magyar polgár nyomdája, Kolozsvár, 1886

Fekete Albert okleveles kertészmérnök, tájépítész doktorandusz hallgató

KÉE, Tájépítészeti, -védelmi és -fejlesztési Kar, 1118 Bp., Villányi út 35.-43.

telefon: 166 5283, fax: 166 6220

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

ÉPÍTMÉNYEK SZEIZMIKUS VÁLASZÁNAK PASSZÍV KONTROLLJA

Gábor Áron

The present paper deals with the seismic protection of constructions. Modern control systems of seismic behaviour of structures are presented. Particularly, the passive control systems (PCS) and his influence on the seismic response of the structure is detailed.

1. Bevezetés

A szeizmikus tervezés végső feladata az, hogy úgy alkossa meg az építményt, hogy a földrengés hatására minimális emberi és anyagi kár keletkezzék.

Kétféle módon lehet ezt megvalósítani.

A hagyományos tervezésben megfelelően alakítják az építmény merevségét, és a tartószerkezetben olyan részeket alakítanak ki amelyek, rugalmas és képlékeny deformációk által, képesek potenciális energiává alakítani a rengéstől származó mozgási energiát anélkül, hogy veszélyeztetnék az építmény stabilitását.

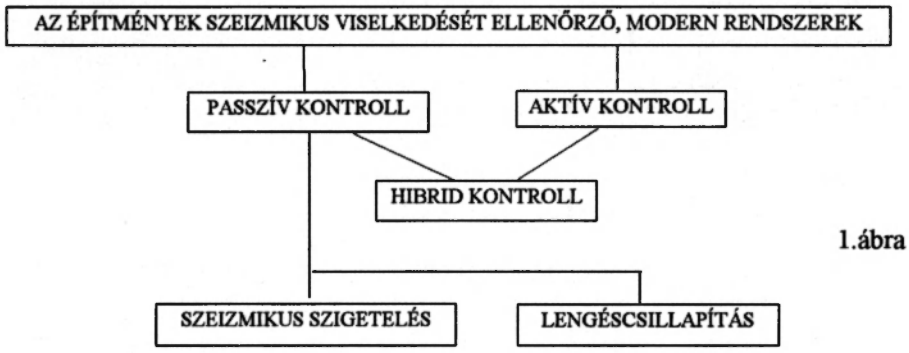
Sikeres -a törvényes előírásoknak megfelelő- tervezés és építés során sem jelenti ez minden esetben azt, hogy az építmény használható marad a földrengés alatt vagy követlen utána.

A másik és itt bemutatott új módszer abban különbözik, hogy az energiaátalakítási folyamatot nem tartószerkezeti elemek, hanem erre alkalmas, deformációs képességekkel és energiaelnyelő tulajdonságokkal rendelkező, a szerkezetbe beépített berendezések végzik el.

Előnyök: pontosan szabályozható és ellenőrizhető az átalakulási folyamat; a biztonsági határok kitolódnak, mivel ezek a rendszerek kevésbé érzékenyek a földmozgások véletlenszerű változására; ezek a berendezések cserélhetők, ha megrongálódtak a használat során.

2. Az építmények szeizmikus viselkedését ellenőrző modern rendszerek

Az 1. ábrán ezek osztályozása látható.



1.ábra

A Passzív Kontroll Rendszerek (Passive Control Systems - PCS) esetén olyan berendezéseket építenek be amelyek hatással vannak az építmény rezgés-jellemzőire. A PCS rendszerek jól meghatározott tulajdonságokkal kell rendelkezzenek (vízszintes és függőleges rugalmasság, ciklikus terhelési állékonyság, amortizációs tulajdonságok, stb.). A leggyakrabban használt rendszerek.

Az Aktív Kontroll Rendszereknél (Active Control Systems - ACS) a beépített berendezések külső energia hatására végeznek munkát (pl. változtatják a szerkezet merevségét a lökésekkel összhangban).

A Hibrid Kontroll Rendszerek (Hybrid Control Systems - HCS) az ACS és PCS rendszerek kombinálásából jöttek létre. Szél és kiserejű földrengéseknél úgy viselkednek mint PCS, nagyobb amplitúdójúaknál pedig mint ACS rendszerek, ha a bevitt energia meghaladja a PCS képességeit.

3. Passzív kontroll rendszerek

A szeizmikus terhelés az időben gyorsan változik úgy, hogy jellemző periódusai összevethetők a szerkezet sajátlengési periódusával. A periódusok egybeesése rezonanciához vezet, ami külön veszélyt jelent, figyelembe véve a tehetetlenségi erőket. Ha az építménybe PCS rendszert építenek be elérhető, hogy a szerkezet és a földrengés periódusa elkülönüljön

A PCS rendszerek két osztályba sorolhatók: Szeizmikus Szigetelők (Seismic Isolators) és Lengéscsillapítók (Energy Dampers).

3.1. Szeizmikus szigetelők

A szeizmikus szigetelőket az alap és a felépítmény közé szerelik. Vízszintes merevségük kicsi ami azt eredményezi, hogy a domináns szeizmikus erők csökkentett hatással legyenek a szerkezetre. A rendszer

tervezésének fontos kritériuma a szigetelő szintjén fellépő horizontális maximális elmozdulás. Ez szabályozható ha megfelelő energiaelnyelő tulajdonságokkal rendelkezik a berendezés.

Négy fajta szigetelőt különböztetünk meg: Elasztomér Támaszok, Súrlódásos Támaszok, Görgős Támaszok és Rugók.

1. Az elasztomér támaszok természetes vagy szintetikus gumiból készülnek és hengerelt acél-elemekkel vannak erősítve. Többnyire rugalmasan viselkednek. Az energiaabszorpció 5-20%; ez növelhető ha a támaszt ólom vagy lágyacél betéttel látjuk el (2.ábra).

2. A súrlódásos támaszok két felület között fellépő súrlódás jellemzőit használja ki. Viselkedési görbéjük merev-képlékeny. A súrlódási tényező módosítható a felületek síkosításával (3. ábra).

3. A görgős támaszok fő jellemzője, hogy nagyon kis ellenállást fejtenek ki vízszintes mozgások esetén. Az erő-elmozdulás görbe szintén merev-képlékeny (4. ábra).

4. A rugókat acélból készítik és tökéletesen rugalmasan viselkednek. Sorbakapcsolva lengéscsillapítókkal pontos PCS - t alkotnak, amelyeket fontos ipari és nukleáris létesítmények védelmére használnak (5.ábra).

3.2. Lengéscsillapítók

Karcsú, hajlékony szerkezetek esetén az al és felépítmény elszigetelése nem tudja hatékonyan befolyásolni az építmény szeizmikus viselkedését. Van olyan eset is amikor a vízszintes elmozdulást csökkenteni kell. Ezekben az esetekben javasolt a lengéscsillapítók használata. A leggyakrabban használt csillapítók három kategóriába sorolhatók.

1. A Fém Lengéscsillapítók működési elve a fémeknek azon a tulajdonságán alapszik, hogy képlékeny deformációk révén nagy mennyiségű energiát szórnak szét. A legtöbb berendezés az acélt és az ólmot használja (6.ábra)

2. A Viszkózus Folyadékos Lengéscsillapítók mozgásban lévő, sűrű folyadékok (olaj vagy szilikon) belső súrlódása energiaelnyelő képességeit használják ki. Viselkedésüket a mozgás sebessége befolyásolja (7.ábra).

3. A Viszko-Elasztikus Lengéscsillapítók szerkezete bizonyos anyagok (szintetikus gumi) viszko-elasztikus tulajdonságain alapszik. A rugalmas összetevő ciklikus teherbírást, míg a viszkózus komponens energiaelnyelést biztosít (8. ábra).

4. Építmények szeizmikus válasza

Az építmények viselkedését válaszfüggvényeken -elmozdulások, sebességek, gyorsulások időbeli változásán- keresztül lehet jellemezni. Ezekben a függvényekben paraméterként szerepelnek a rezgés-jellemzők -sajátperiódus (T); csillapítási tényező (β)-. A jellemzők különböző értékeire kapjuk meg a válaszfüggvények maximális értékeit. A maximális értékek összessége alkotja a válaszspektrumokat és ezeket veszik alapul a szeizmikus tervezésben:

$S_A(T,\beta) = \ddot{u}(t)_{max}$ - gyorsulások spektruma

$S_V(T,\beta) = u(t)_{max}$ - sebességek --//--

$S_D(T,\beta) = u(t)_{max}$ - elmozdulások --//--

Ha a válaszfüggvényekben a PCS rendszer által módosított paramétereket (T_i, β_i) (9.ábra) vesszük figyelembe akkor a következő maximális értékeket kapjuk:

Az r-edik szint elmozdulása : $X_r \approx S_D(T_i,\beta_i)$

Az r-edik szinti tehetetlenségi erő: $F_r \approx m_r \cdot S_A(T_i,\beta_i)$

A szigetelő szintjén fellépő nyíróerő: $T_b \approx M \cdot S_A(T_i,\beta_i)$

A 10. ábrán egy szigetelt, földrengést átélt, épület szeizmikus válasza látható.

5. Következtetés

Számos tanulmány, kísérlet és gyakorlati alkalmazás készült amely bizonyította, hogy a PCS rendszerek alkalmazásával csökkenthető és ellenőrizhető a földrengés hatása az építményekre.

Az elkövetkezőkben azokat a lépéseket kell megtenni a szeizmikus tervezésben amelyek általánosan elfogadottá teszik a rendszerek PCS használatát.

Könyvészet.

[1] Dr. Csák B., Dr. Vértes György: Földrengések hatása az építményekre. MK, Budapest 1981.
[2] R. I. Skinner et all.: An Introduction To Seismic Isolation. John Wiley and Sons Ltd., 1993.
[3] V. A. : The 10th European Conference on Earthquake Engineering. 1995 Balkema, Rotterdam. pp. 1863-68; 1903-18;
[4] Dr. Csák B.: Energy Absorbent Systems as Passive Seismic Response Control of Structures -Base Isolation Respectively-. 4th Int. Conf. Structures Under Shock and Impact. 1996 Udine, Italy.
[5] Dr. Csák Béla: US Patent. Progressive Shock Absorption System for Reducing the Seismic Load of Buildings.
[6] M.D. Symans, M.C. Constantinou: Seismic Responses of Structures with Supplemental Fluid-Viscous Dampers. NCEER Bulletin, vol. 7, no.4/oct/1993
[7] C.S. Tsai, G.C. Lee: New Design of Viscoelastic Energy Dissipators. NCEER Bulletin, vol.7, no.2/'93
[8] Tekton: Seismic Expansion Joints, Pyroflex Systems, Seismic Isolators and Dampers, 1994
[9] # # #: Retrofit of Historic San Francisco Courthouse is Underway. NCEER Bulletin, vol.8, no.1/'94
[10] Sumitomo Metals: Friction Damper for Earthquake Response Control
[11] H. Iemura: Base Isolation Development in Japan.
[12] V. A.: Nuclear Engineering and Design 84(1985), North Holland, Amsterdam. pp. 313-26; 331-38; 383-429. Elsevier Science Publisher B. V.

GÁBOR Áron

BME - Építészmérnöki Kar - Szilárdságtan Tanszék
H -1111 - Budapest, Műegyetem rakpart 3.

tel: **(036) -1- 463 13 16**; fax: **(036) -1- 463 17 73**
e-mail: **d-gabaro@eszd.bme.hu**

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

ASSZOCIATIVITÁS SZEREPE AZ ADATBÁZIS LEKÉRDEZŐ FELÜLETEKNÉL

Kovács László

Bevezetés

Az adatbázis kezelő rendszerek (DBMS) fejlődése során már a kezdetek óta megjelent az igény a rugalmas, emberközeli kezelő felület kialakítására. A hagyományos, relációs adatmodellek által igényelt megkötések felszabadítására számos kutatási projekt futtot és fut ma is, melyek döntő többsége a relációs modell egyfajta módosításán alapulnak. A relációs modellre épülő javaslatok mellett újszerű, elsődlegesen szemantikai alapú adatmodellek is megszülettek a hagyományos adatkezelés rugalmasságának fokozására. A hagyományos kezelő felületeknek a pozitív vonásaik, mint pl. a hatékony működés, mellett számos olyan oldaluk is van, melyekben van még lehetőség a tovább-bővítésre.

A hagyományos, pl SQL alapú kezelő felületek alkalmazása számos előfeltétel teljesülését követeli meg a felhasználótól, ami a rendszer rugalmas használhatóságát jelentősen csökkenti. Bosc és Piver[1] az alábbi lényeges megkötésekre hívja fel a figyelmet:

- a felhasználónak ismernie kell az adatmodellt,
- ismernie kell az adatbázis tartalmát,
- ismernie kell a lekérdező nyelv szintaktikáját,
- meghatározott lekérdezési céllal kell rendelkeznie.

Az egyes megkötések feloldására különböző megoldások születtek, melyek más-más kutatási területre visznek el minket: szintaktikai hibák automatikus kijavítása, szemantikai hibák korrigálása, lehetséges válaszok kiértékelése, fuzzy fogalmak bevonása, szabad mozgás az adatbázisban. A továbbiakban ez utóbbi területtel foglalkozunk részletesebben.

A vizsgált dokumentumban történő szabadabb mozgások jellemzője, hogy a felhasználó rugalmasabban lépegethet az egyes elemek között, a szomszédos elemeket összekötő útvonalak mellett lehetősége van nagyobb ugrások elvégzésére is. Természetesen az ugrások rendszerint nem véletlenszerűek, hanem valamilyen logikai vonal mentén történnek. E mozgások alapja a fogalmak

közötti társítás, az asszociáció. A különböző fogalmak között különböző erősségű kapcsolatok lehetségesek.

Az adatbázis kezelés területén az adatmodellek struktúrális vagy integritási részének egyik fő eleme az egyedek közötti kapcsolatok leírására szolgáló rész. A relációs adatmodellben például a kulcs-kapcsolókulcs (idegenkulcs) páros szolgál a kapcsolatok leírására. Az adatbázisban tárolt egyedek között tehát ezen modellelem révén teremthetjük meg a kapcsolatot, az asszociációt. A fejlesztések célja, olyan kezelő felületek, adatmodellek kidolgozása, melyek minnél természetesebben, minnél rugalmasabban teszik az asszociációt elérhetővé a felhasználó számára.

Az eddigi kutatások áttekintése

A 1980-as évek elején jött létre a relációs adatmodell módosításaként az úgynevezett Universal Relation [2] adatmodell. A modellnek több változata is van, melyből a legkidolgozottabb az ún. ' weak universal model'. Ebben a modellben az összes attributumot tartalmazó és az egész adatbázist reprezentáló univerzális reláció csak a felhasználó modellképében létezik. Az adatok továbbra is normál relációkban tárolódnak. A modell főbb struktúrális elemei:

- attributum,
- objektum (attributumok közötti függőségi kapcsolat),
- maximális objektum (a társítható attributumok körét szabja meg).

A lekérdezésekben az attributum nevekre és a virtuális rekord azonosítókra kell hivatkozni. A modell egyik fő erőssége a rugalmasság növelésében, hogy a felhasználó a kérdéseit fogalom, vagyis attributum orientáltan adhatja meg. A rendszer bizonyos határok között maga határozza meg, hogy a lekérdezés végrehajtásához mely kapcsolatokat használja fel. Mivel nincsennek különálló relációk a felhasználó nagyrészt tetszőlegesen társíthatja az egyes attributumokat a lekérdezés megfogalmazása során.

A relációs modellből kiinduló javaslatok mellett számos szemantikai adatamodell (SDM) is létrejött az adatkezelés rugalmasságának fokozására. Az SDM rendszerekben az adatkezelés az emberi gondolkodáshoz közel álló objektumok szintjén valósul meg [6]. Számos SDM modellhez készítettek emberközeli lekérdező felületet. Wong és Kuo [4] az ER modelhez, míg Heiler és Rosenthal [5] pedig a funkcionális adatmodellel rendelkező DAPLEX-hez készített lekérdező rendszert. A funkcionális adatmodellek fő jellemzője, hogy az egyes egyedek közötti kapcsolat a függvény mechanizmussal valósul meg, s a függvények egymásba ágyazásával, egymásutáni meghívásukkal sokkal rugalmasabban lehet mozogni, mint a hagyományos kulcs - idegen kulcs szerkezettel.

Az SDM modellek igen közeli kapcsolatban állnak az objektum orientált elveken nyugvó objektum orientált adatmodellekkel (OODM). A objektumok között megvalósuló összetettebb kapcsolatok tágabb lehetőséget biztosítnak az egyedek közötti kapcsolatok, asszociációk megvalósításának is. E kapcsolatokon nyugvó adatbázis lekérdező rendszer kifejlesztése igen aktuális kutatási problémakör. Egy

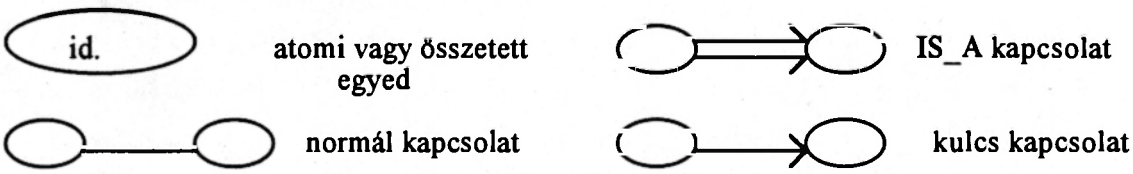
grafikus, windows technikán alapuló rendszer a PESTO[3]. A rendszerben külön ablak tartozik minden objektum típushoz. Az objektumok közötti kapcsolatok előbb egy hivatkozás jelzővel jelenik meg, melyet a felhasználó kifejthet, megkapva a hivatkozott objektumot leíró ablakot. A fő objektumtipus egyedtipus váltásánál a többi tipus egyedei is szinkronban mozognak. E grafikus lekérdező felület előnye, hogy a felhasználó láthatja, hogy mely irányokban lehet továbblépni. Ezért nincs szükség az egyes objektumok pontos szerkezetének ismeretére, elegendő csupán rámutatni arra a kapcsolatra, mely irányban tovább szeretnénk lépni.

AZ SFQ adatmodell

A rugalmas és az asszociativáson alapuló adakezelő felület vizsgálatához kidolgoztunk egy saját SDM adatmodellt, melyre SFQ néven hivatkozunk. E adatmodell fő vonásaiban a funkcionális adatmodellhez áll közel. A modell legfontosabb strukturális jellemzői:

- az egyedek lehetnek atomiak és összetettek,
- az egyedtipusok nem szerepelnek külön modellegyedként,
- csak az atomi egyedek értékei érhetők el,
- három kapcsolattipus definiált: normál, IS_A, kulcs kapcsolat,
- minden összetett egyedhez léteznie kell kulcs kapcsolatrendszernek.

A modell grafikus elemeit mutatja be a következő ábra.



1. ábra: SFQ strukturális elemei

A modell műveleti részében a relációs algebrához hasonló halmazorientált szemlélettel dolgozik. A lekérdezések operandusai egyedek halmazai és eredményük is egyedhalmaz. A következő műveleteket tartalmazza az SDM adatmodell:

- alapszelekció
- Descartes szorzat
- kollekció
- asszociáció

Az alapszelekció egy egyedfajta előfordulás halmazából a megadott feltételnek elget tévő előfordulásokat adja vissza:

$\sigma\{D \mid \text{feltétel}\}$

A Descartes szorzat a hagyományos join művelethez hasonlóan több egyedtipus előfordulásainak párosításából választja ki a megfelelő párokat. A művelet formális leírása:

$\sigma\{D1 \times D2 \times \ldots Dn \mid \text{feltétel}\}$

A kollekció esetén egy fő egyedtipus egyazon előfordulásához kapcsolódó más egyedtipusok érték n-esei alkotják a megoldás eredményét. Ezzel a művelettel rugalmasan hozhatunk létre saját egyedi táblákat, nézeteket. A kapcsolódás útvonala az adatbázis sémából adódik. Alapesetben az egyes tipusok közötti legrövidebb láncolat kerül meghatározásra. Más irányú kapcsolódási útvonal kijelelöléséhez a felhasználónak érintési pontokat, egyedeket kell előírnia. A kollekció formátuma:

$\sigma\{D1 \rightarrow (D2,...Dn) \mid \text{feltétel}\}$

Az asszociáció nem az egyedtipusok közötti útvonal meghatározásán alapszik, hanem az egyes egyedelőfordulások közötti kapcsolódáson. Két egyedelőfordulás asszociációban áll, ha létezik az adatbázis előfordulásban az egyiktől a másikig vezető út. A művelet jele:

$\sigma\{D1 \circ D2 \mid \text{feltétel}\}$

A lekérdezésekben az egyedtipusok és az egyedelőfordulásaik között tetszőleges, rugalmasan alakítható kapcsolatokat állíthatunk fel. A modellben például a fiatal gépkocsi-tulajdonosok gyerekének nevei az alábbi utasítással kérdezhető le:

$\sigma\{\text{autó} \rightarrow \text{tulajdonos} \rightarrow \text{gyerek} \rightarrow \text{név} \mid \text{fiatal (tulajdonos} \rightarrow \text{kor)}\}$

A modell jelenlegi fázisában a modell implementálásán dolgozunk. Az elkészítendő rendszer kisebb egyfelhasználós rendszer kezelésére lesz alkalmas. Dolgozunk az SDM modell és a relációs adatmodell konverziós kapcsolatának a kiépítésén is. Jelenleg egy inverz normalizációs folyamat alkotja a konverzió magját. Az inverz normalizáció segítségével létező relációs adatmodellből a tervező szemantikai információ alapján több lépésen keresztül előáll az SDM modell. Az így előálló konverziós szabályok segítségével előállítható a relációs adatbázisból az SDM adatbázis.

Irodalomjegyzék

[1] P. Bosc - O.Pivert, Fuzzy Quering in Conventional Databases, Fuzzy Logic for Managament of Uncertainty, 1993

[2] D. Maier-J.Ullman-M.Vardi, On the Foundation of the Universal Relation Model, ACM TODS 9/2, 1984

[3] M. Carey - L. Haas - V. Maganty - J. Williams, PESTO: An Integrated Query/Browser for Object Databases, VLDB96, 1996

[4] Wong-Kuo, GUIDE, A Graphical User Interface for Database Exploration, VLDB82, 1982

[5] Heiler-Rosenthal, A Visual Interface for the Functional Model with Recursion, VLDB85, 1985

[6] Lyngbeak - Kent, A Data Modeling Methodology for the Design and Implementation of Information Systems, On OODBMS, 1991

Kovács László, dr. univ, Általános Informatikai Tanszék, Miskolci Egyetem

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

Az Al-Cu-Si ötvözetrendszer korlátozott egyensúlyi fázisdiagramja

Roósz András, Szőke János, Kuti István

1. Bevezetés

Az első - az Al-Cu-Mg ötvözetrendszerre vonatkozó korlátozott egyensúlyi fázisdiagram (RE diagram) számításánál a szilárd/olvadék határfelület túlhűlésével a szerzők [1] nem számoltak. A számításoknál használatos megoszlási hányadosokat a kétalkotós Al-Cu és Al-Mg egyensúlyi fázisdiagramból határozták meg, mert a háromalkotós egyensúlyi fázisdiagramok a megoszlási hányadosokat a kétfázisú területekben nem tartalmazzák. Minthogy a szilárd/olvadék határfelület és az eutektikum túlhűlése igen jelentősen megváltoztatja a mikrodúsulást az RE diagramok csak akkor lesznek használhatók a kristályosodási paraméterek széles tartományában ha ezeket a túlhűléseket figyelembe vesszük.

Hasonlóan sokkal reálisabb megoszlási hányadosokat alkalmazva a számított eredmények is reálisabbak lesznek. Ha rendelkezésünkre áll termodinamikai függvényekből számított egyensúlyi fázisdiagram, akkor abból a megoszlási hányadosok meghatározhatók. Mivel csak néhány többalkotós ötvözet esetében ismertek a számított egyensúlyi fázisdiagramok, az esetek többségében a méréssel maghatározott diagramokat kell használni a számításokhoz. Erre az esetre egy új becslő eljárást dolgoztunk ki a megoszlási hányadosok meghatározására.

2. Egyensúlyi fázisdiagram

2.1. A szolidusz és a likvidusz felületek közelítése

A mikrodúsulás - ezen keresztül a korlátozott egyensúlyi fázisdiagram (RE diagram) - számítása az egyensúlyi fázisdiagram adataira épül. Mivel - mint azt a bevezetésben említettük, csak néhány esetben ismert a termodinamikai számítások alapján szerkesztett egyensúlyi fázis diagram - a számításainknál a mért diagramokat használtuk. A likvidusz és szolidusz felületek adatainak meghatározása érdekében a háromalkotós egyensúlyi fázisdiagram alumínium sarkát két különböző síksorozattal metszettük. Először a likvidusz és a szolidusz felületeket egyenlő távolságban levő izoterm síkokkal metszettük melyek a két felületből izoterm görbéket vágtak ki. Az izotermák közötti hőmérséklet különbség 5 °C volt. Ezután az

izotermákat 30, a koncentráció síkra merőleges, a hőmérséklet tengelyen keresztülmenő, egymással azonos szöget bezáró síkokkal metszettük. Ezen síkok esetében a Cu/Si érték állandó. A görbék és a síkok metszéseként kapott Cu és Si koncentrációkkal valamint a hőmérséklettel megadott pontokra köbös másodfokú paraméteres spline interpolációs görbéket illesztettünk. Ezekből a görbékből egy adott ötvözet esetében a szolidusz és a likvidusz hőmérsékletek illetve a likvidusz felületek lejtése számíthatók.

2.2. Az egyensúlyi megoszlási hányados számítása

Jól ismert, hogy a megoszlási hányadosok az egyensúlyi fázisdiagramból meghatározhatók, ha a fázisok száma amelyek egy adott hőmérsékleten egymással egyensúlyt tartanak egyenlő vagy nagyobb mint az ötvözetet alkotóinak (szín elemek) száma. Így, három alkotós ötvözetrendszerben a megoszlási hányados ismert, ha a fázisok száma 3 (binér eutektikum kristályosodása) vagy 4 (ternér eutektikum kristályosodása). A fázisok száma négynél több ez esetben nem lehet. Természetesen ismertek a megoszlási hányadosok a háromalkotós rendszerek határain levő kétalkotós rendszerekben minden folyamatnál, mert az egyensúlyban levő fázisok minimális száma 2, ami az alkotók számával megegyezik. Ezeket az ismert értékeket felhasználva egy újabb spline interpoláció segítségével összefüggés kapható a megoszlási hányadosok és az olvadék koncentrációi között.

3. A szilárd/olvadék határfelület és az eutektikum hőmérsékletének számítása

Az irodalomban az alábbi hatások ismertek amelyek megváltoztatják a szilárd/olvadék határ hőmérsékletét: termodinamikai korrekció, kinetikus, görbületi, összetételi, gradiens és termikus túlhűlés. Ezek magyarázata az [2]-ben található részletesen. Meg kell jegyezni, hogy az oszlopos (irányított) növekedésnél (**G>0**) nincs termikus túlhűlés mert az olvadék a határfelület előtt mindig túlhevített állapotban van. Az első három túlhűlés összege az egyensúlyi és a nemegyensúlyi likvidusz hőmérséklet között különbséggel, míg a negyedik és az ötödik túlhűlés összege a nemegyensúlyi likvidusz hőmérséklet és a dendrit csúcs hőmérséklete közötti különbséggel egyenlő.

4. A koncentráció eloszlás számítása a szilárd fázisban

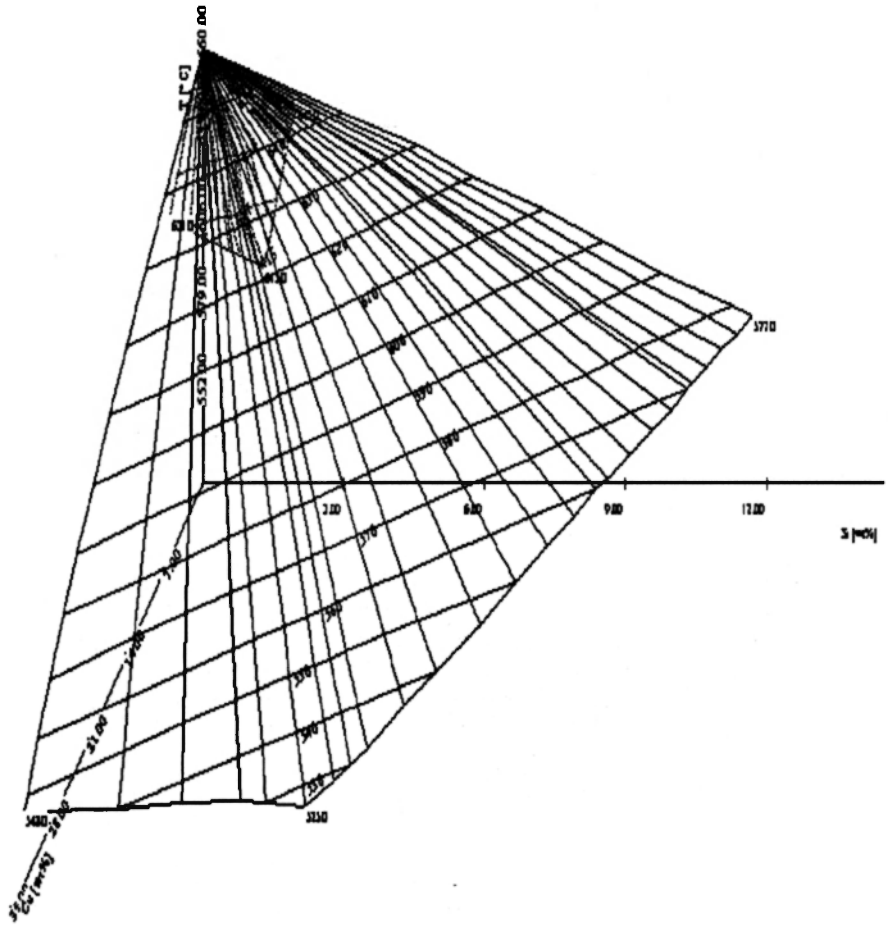
A modellben a szekunder dendritágat lemezszerűnek tételeztük fel. Ez a közelítés egyszerűsítette a diffúziós egyenlet (Fick II) megoldását. Minthogy a dendrites szerkezet nagy része szekunder dendritágból áll, ez az egyszerűsítés nem okoz nagy hibát a számításokban. Az olvadékban a diffúzió elég gyors ahhoz, hogy a szekunder dendritágakban a koncentrációt kiegyenlítse. A koncentráció eloszlást a Fick II. egyenlet mindkét ötvözőre tőrténő szimultán megoldásával nyerjük. A megoldásnál figyelembe vesszük a helyi egyensúlyt a határon. a diffúziós egyenletet implicit véges differencia módszerrel oldottuk meg (módosított Crank-Nicholson módszer).

A számítás eredményeként az alábbiakat lehet meghatározni:

(i) a koncentráció eloszlás a szilárd és az olvadék fázisokban a kristályosodás közben és a végén,
(ii) a kristályosodási út a likvidusz és a szolidusz felületeken,
(iii) a kristályosodás befejező hőmérséklete
(iv) a binér és ternér eutektikum mennyisége
(v) a primer és szekunder dendritág távolság

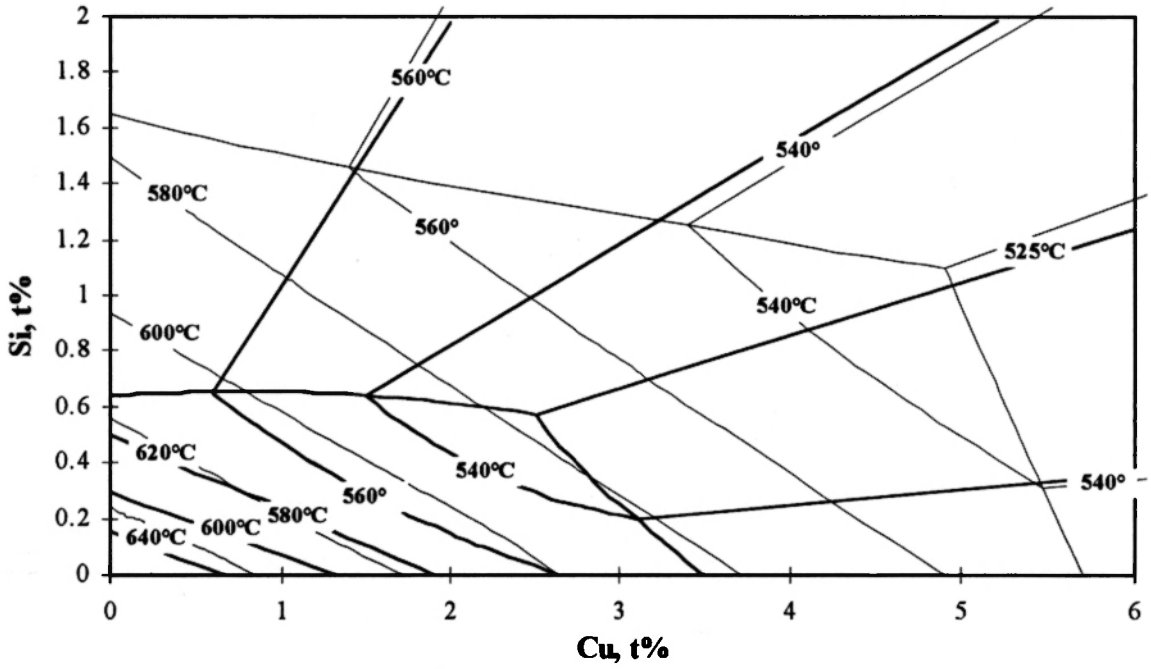
5. Eredmények

Az 1.ábrán látható az általunk vizsgált összetétel tartományban a dendritcsúcs hőmérséklete (a kisebb felület), valamint az egyensúlyi likvidusz felület (nagyobb felület). A kristályosítás G=320 000 K/m hőmérséklet gradiens és v=1 m/s dendritcsúcs sebesség mellett történt, a vizsgált összetétel tartomány 0÷6 t% Cu és 0÷2t% Si volt.



1. ábra

A 2.ábrán a kristályosodás befejező hőmérséklete és az eutektikum keletkezésének kezdő hőmérséklete látható 0.1 K/s (G=102 K/m, v=10^{-3} m/s). A vékony vonallal jelzett felület az egyensúlyi, a vastag a nemegyensúlyi szolidusz felület.



2. ábra

IRODALOM

[1] A. Roósz, H. E. Exner: Ternary restricted-equilibrium phase diagram II. Practical application: Aluminium-rich corner of the Al-Cu-Mg system. Acta Metallurgica, **38**, 1990, 2009-2016.

[2] W. Kurz and D. J. Fisher: Fundamentals of Solidification, 3rd ed., Trans Tech Publications, Aedermannsdorf, Switzerland, 1989.

Roósz András, Dsc. Egyetemi Tanár

szőke János, doktorandusz hallgató

Kuti István, doktorandusz haallgató

Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros, Hungary

Tel: 36-46-365111/2277, Tel/Fax:36-46-365924

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ

50 ÉVE TÖRTÉNT
Jenei Dezső III

KÖRNYEZETBARÁT TECHNOLÓGIÁK
prof. dr. Dudás Illés XI

A SZILÁRD-OLVADÉK HATÁRFELÜLET ALAKJÁNAK VÁLTOZÁSA A KRISTÁLYOSODÁSI PARAMÉTEREK FÜGGVÉNYÉBEN
Babcsán Nórbert 1

A GUMISZERSZÁMOS LEMEZMEGMUNKÁLÁS
Bacskó Attila, Dr. Gál Gaszton 5

HAGYOMÁNYOS ÉLHAJLÍTÓGÉP SZÁMÍTÓGÉPVEZÉRELT HÁTSÓ ÜTKÖZŐRENDSZERREL VALÓ PÓTLÓLAGOS AUTOMATIZÁLÁSA
Bacskó Attila 9

VOLFRÁMOXID-HIDRÁTOK MORFOLÓGIAI JELLEMZÉSE
Balázsi Csaba 13

TERNÉR ALUMÍNIUM ÖTVÖZETEK HOMOGENIZÁLÁSA
Boros Ferenc, Dr. Roósz András 17

VOLFRÁM SZÁLERŐSÍTÉSŰ KOMPOZITOK MIKROSZERKEZETE
Dr. Csepeli Zsolt, Dr. Gácsi Zoltán, Kovács Árpád, Dr. Buza Gábor 21

ALAKÍTHATÓSÁGI HATÁRDIAGRAM SZÁMÍTÁSA KÁROSODOTT ANYAGOK ESETÉN
Fülöp Tibor 25

LEMEZALKATRÉSZ GYÁRTÁSTERVEZÉSE VÉGESELEMES MÓDSZERREL
Fülöp Tibor, Dr. Kiss Antal, Dr. Tisza Miklós 29

NÖVELT SZILÁRDSÁGÚ HEGESZTHETŐ ACÉL MARADÉK AUSZTENIT-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA RÖNTGENDIFFRAKCIÓVAL
Hadzsi Gábor, Dr. Tranta Ferenc 33

A FOSZFOR ADALÉK HATÁSMECHANIZMUSÁNAK VIZSGÁLATA A WOLFRÁM-TRIOXID HIDROGÉNES REDUKCIÓJA SORÁN
Hegedüs Éva 37

NEMEGYENSÚLYI SZILÁRD FÁZISOK LÉTREHOZÁSA
Juhász Nóra 41

KOMBINÁLT TÉRFOGATALAKÍTÓ TECHNOLÓGIÁK SZAKÉRTŐI RENDSZER TÍPUSÚ MEGOLDÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI
Klementis Otto 45

A KÜLÖNBÖZŐ DENDRITCSÚCS TÚLHŰLÉSI MODELLEK ALAPJÁN VÉGZETT SZÁMÍTÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A KISÉRLETI ADATOKKAL
Kúti István, Dr. Roósz András 49

A SZEKUNDER DENDRITÁGAK DURVULÁSA
Rontó Viktória, Dr. Roósz András 53

OPTIMALIZÁCIÓS MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA VÉKONYLEMEZEK ELLENÁLLÁSPONTHEGESZTÉSÉRE
Szabó Péter 57

RÉSZECSKE ERŐSÍTÉSŰ KOMPOZIT ELŐÁLLÍTÁSA SZINTEREZÉSSEL
Sólyom Balázs, Kovács Jenő, Dr. Gácsi Zoltán, Dr. Teleszky Ilona 61

FOLYADÉKOK HŐTRANSZPONÁLTJÁNAK VIZSGÁLATA EJTŐTORONYBAN
Csontos Attila, prof. Dr. Bárczy Pál, Dr.Czél György 65

EGY KÖZELÍTŐ MÓDSZER AZ ORTÓTRÓP ANYAGÚ RÚDAK CSAVARÁSI FELADATÁNAK MEGOLDÁSÁRA
Gulyás Lajos 69

HELIKOID FELÜLETEK 3D-S MÉRÉSE AUTOMATIZÁLT INTEGRÁLT GYÁRTÓRENDSZEREKBEN
Bajáky Zsolt, Dr. Bányai Károly 73

NÉGYÜTEMŰ ROBBANÓMOTOR LENDÍTŐKEREKÉNEK MÉRETEZÉSE ÉS FORGATTYÚS TENGELYÉNEK ELLENŐRZÉSE KIFÁRADÁSRA
Bihari Zoltán 77

TECHNOLÓGIAI MODELLEZÉS ÉS ANALÍZIS CNC ESZTERGÁLÁSI MUNKAUTAK PONTOSÍTÁSÁRA
prof. Dr. Dudás Illés, Horváth Mihály, Dr. Szabó Sándor 81

MÉRETELLENŐRZÉSI MÓDSZER ÉS ALGORITMUS BEMUTATÁSA
Gál Tibor 85

MATEMATIKAI MODELL A HIPOID HAJTÓPÁROK HORDKÉPÉNEK LOKALIZÁLÁSÁRA
Dr. Gyenge Csaba, Kismihály János 89

TOVÁBBFEJLESZTETT JAMMING ELMÉLET
Kiss Attila 93

IPARI BERUHÁZÁSOK DÖNTÉSELŐKÉSZÍTÉSÉNEK TÁMOGATÁSA SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓVAL
Gödri István 97

A BÜTYÖK ÉS A HAJLÉKONY GOLYÓSCSAPÁGY KAPCSOLATA
Németh Géza, Dr. Péter József 101

KITÉRŐ TENGELYŰ KÚPKERÉKHAJTÁSOK EGYMÁST BURKOLÓ FOGFELÜLETEINEK MEGHATÁROZÁSA A FŐPONT FIGYELEMBEVÉTELÉVEL
Orbán György, Bitay Enikő 105

RUGALMAS ANYAGÚ SÍKLÓCSAPÁGYAK
Szávai Szabolcs 109

KORSZERÛ AJÁNLATTERVEZÉSI FOLYAMAT A SZERSZÁMGYÁRTÁSBAN
Tassi Endre 113

"CSIPESZ" ALAKÚ MEGFOGÓK PROBLEMATIKÁJA KIS MÉRETÛ HENGERES ALKATRÉSZEK ESETÉN
Szûcs László, Valenta László 117

KÍSÉRLETTERVEZÉSI MÓDSZER KÖRNYEZETBARÁT MEGMUNKÁLÁS ESETÉN
Dr. Varga Gyula 121

BESZÉDFELISMERÉS NEURONHÁLÓZATTAL
Buzogány Endre 125

A SZOFTVERFEJLESZTÉS MINÕSÉGBIZTOSÍTÁSA
Biró Zsolt 129

TENDENCIÁK A MESTERSÉGES NEURON HÁLÓK KUTATÁSA TERÉN
Ferenczi László 133

JÁTSZANI TANUL A GÉP
Forgó Zoltán 137

RECYCLING FOLYAMATOK INFORMATIKAI RENDSZERÉNEK ANALÍZISE
Garamvölgyi Ernõ 141

OBJEKTUMORIENTÁLT KÉMIA OKTATÓPROGRAM
Kürti Kinga 145

AZ EKG JEL TÖMÖRÍTÉSE GENETIKAI ALGORITMUS ALKALMAZÁSÁVAL
Szilágyi László, Szilágyi Sándor Miklós 149

AZ ÁRAMÁTADÓ ELEMEK TÖNKREMENETELÉT OKOZÓ JELENSÉGEK VIZSGÁLATA
Adorján Gábor 153

NIKKEL-TITÁN (TiNi) ALAKEMLÉKEZÕ ÖTVÖZET ALKALMAZÁSA ROBOTKEZEKBEN
Kiss Attila 157

A FELSZAKADÁS VIZSGÁLATA, SAJÁTOSSÁGAI ST52-3 TÍPUSÚ ACÉLBAN
Mura Andrea 161

GENETIKUS ALGORITMUS ÉS AZ FRP-ALUMÍNIUM-GUMI SZENDVICSTARTÓ DINAMIKUS CSILLAPÍTÁSI TÉNYEZÕJE
Bakk Norbert 165

NYERSSZALAGOK HENGERLÉSE VAS ÉS ROZSDAMENTES ACÉLPOROKBÓL
Prezensky István 169

ADALÉKOK A FÉMPOROKBÓL HENGERELT TÖBBRÉTEGÛ PLATTÍROZOTT VAGY FÉMHÁLÓVAL ERÕSÍTETT SZALAGOK GYÁRTÁSÁHOZ
Prezensky István 173

TERMOREAKTÍV MÛANYAG ALKATRÉSZEK VISELKEDÉSE PRÉSELÉSSEL TÖRTÉNÕ, IGÉNYBEVÉTEL HATÁSÁRA VÁLTOZÓ TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK ESETÉN
Gergely István 177

TERVEZÉSI FÖLDRENGÉSMODELEK MEGHATÁROZÁSA
Valenta László, Szûcs László 181

TESTFOLYADÉKOT SZÁLLÍTÓ RENDSZER EGYENIRÁNYÍTÓ SZELEPÉNEK KIFEJLESZTÉSE
Turkevi Nagy Sándor 185

LINEÁRIS MOZGATÁS MEGVALÓSÍTÁSA NiTiNOL ALAKÉRTELMEZÕ FÉMÖTVÖZETTEL
Mihálcz István 189

MOTORKERÉKPÁR KORMÁNYOZOTT KEREKÉNEK DINAMIKÁJA
Molnár László 193

BELSÕ FESZÜLTSÉGEK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TANULMÁNYOZÁSA
Johanyák Edit 197

WORD WIDE WEB KERESÕRENDSZEREK FEJLÕDÉSE
Johanyák Zsolt Csaba 201

KONSTRUKCIÓS HIBALEHETÕSÉG ÉS HIBAHATÁS ELEMZÉS TUDÁSALAPÚ TÁMOGATÁSA
Johanyák Zsolt Csaba 205

PNEUMATIKUS CÉLGÉPTERVEZÉS
Farkas Lóránd 209

KASTÉLYKERTEK ÉPÍTETT ELEMEI
Fekete Albert 213

A TÖRTÉNETI ÉRTÉKÛ ZÖLDFELÜLETEK SZEREPE KOLOZSVÁR TELEPÜLÉSSZERKEZETÉNEK KIALAKULÁSÁBAN
Fekete Albert 217

ÉPÍTMÉNYEK SZEIZMIKUS VÁLASZÁNAK PASSZÍV KONTROLLJA
Gábor Áron 221

ASSZOCIATIVITÁS SZEREPE AZ ADATBÁZIS LEKÉRDEZÕ FELÜLETEKNÉL
Kovács László 225

AZ AL-CU-SI ÖTVÖZETRENDSZER KORLÁTOZOTT EGYENSÚLYI FÁZISDIAGRAMMJA
prof. Dr. Roósz András, Szõke János, Kúti István 229

Szerzők jegyzéke

A

Adorján Gábor 153

B

Babcsán Norbert 1
Bacskó Attila 5,9
Bajáky Zsolt 73
Bakk Norbert 165
Balázsi Csaba 13
Bányai Károly 73
Bárczy Pál 65
Bihari Zoltán 77
Biró Zsolt 129
Bitay Enikő 105
Boros Ferenc 17
Buza Gábor 21
Buzogány Endre 125

C

Csepeli Zsolt 21
Czél György 65
Csontos Attila 65

D

Dudás Illés XI,81

F

Farkas Lóránd 209
Fekete Albert 213,217
Ferenczi László 133
Forgó Zoltán 137
Fülöp Tibor 25,29

G

Garamvölgyi Ernő 141
Gábor Áron 221
Gácsi Zoltán 21,61
Gál Gaszton 5
Gál Tibor 85
Gergely István 177
Gödri István 97
Gulyás Lajos 69
Gyenge Csaba 89

H

Hadzsi Gábor 33
Hegedüs Éva 37
Horváth Mihály 81

J

Jenei Dezső III
Johanyák Edit 197
Johanyák Zsolt Csaba 201,205
Juhász Nóra 41

K

Kismihály János 89
Kiss Attila 93,157
Kiss Antal 29
Klementis Otto 45
Kovács Árpád 21
Kovács Jenő 61
Kovács László 225
Kúti István 49,229
Kürti Kinga 145

M

Mihálcz István 189
Molnár László 193
Mura Andrea 161

N

Németh Géza 101

O

Orbán György 105

P

Péter József 101
Prezensky István 169, 173

R

Roósz András 17,49,53,229
Rontó Viktória 53

S

Sólyom Balázs 61
Szabó Péter 57
Szabó Sándor 81
Szávai Szabolcs 109
Szilágyi László 149
Szilágyi Sándor M. 149
Szõke János 229
Szücs László 117,181

T

Tassi Endre 113
Teleszky Ilona 61
Tisza Miklós 29
Turkevi Nagy Sándor 185
Tranta Ferenc 33

V

Valenta László 117,181
Varga Gyula 121

Támogatók:

FABBER Kft

MARTENSITA Kft

MATPLAST Rt