

SZÁMÍTÓGÉPES MÉRNÖKI MÓDSZEREK A KÉPLÉKENYALAKÍTÁSBAN

COMPUTER AIDED ENGINEERING METHODS IN METAL FORMING

Dr. Tisza Miklós*, Dr. Gál Gaszton**, Dr. Kiss Antal***, Kovács Péter Zoltán****, Lukács Zsolt****

ABSTRACT

Within the TÁMOP project entitled „Improving the quality of higher education based on the works of Centres of Excellence on the strategic research fields of the University of Miskolc” a special scientific school is created with the title “Innovative materials processing”. There are four R&D groups within the Innovative materials processing: three groups in various technological processes like welding, heat-treatment and metal forming, as well as a fourth group on Computer Aided Design and Modelling in Materials Processing Technologies. In this paper the research work done in this latter group will be overviewed.

1. ELŐZMÉNYEK

A számítógépes mérnöki módszerek – a különféle CAD/CAM és FEM rendszerek – intenzív alkalmazása a képlékenyalakításban világszerte mintegy 20-25 évre tekint vissza. A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke mind hazai, mind pedig nemzetközi szinten a kezdetektől aktív résztvevője az ezen a területen folyó kutatásoknak. A következő pontban röviden áttekintjük e kutatások nemzetközi tendenciáit, valamint a Mechanikai Technológiai Tanszéken folytatott kutatások előzményeit.

1.1. Irodalom áttekintés a számítógépes mérnöki tevékenység képlékenyalakításban való alkalmazásáról

Az elmúlt években, évtizedekben a képlékenyalakítás jelentősége az alkatrészgyártásban számottevően megnövekedett. Ezt a tendenciát még inkább felerősítik azok a fejlesztések, amelyek a képlékenyalakítás, anyagai, szerszámai, valamint a technológiai és szerszámtervezés területén megvalósultak.

A képlékenyalakító eljárások jellemzője, hogy a készgyártmány rendszerint több alakító művelettel valósítható meg. Ugyancsak fontos tendencia a képlékenyalakításban az ún. alakpontos (net-shape), illetve alakmegközelítő (near net-shape) gyártási filozófia terjedé-

se, az alakítást követő forgácsoló és egyéb befejező műveletek szükségességének csökkentése, illetve gyakran teljes kiküszöbölése a gyártási költségek csökkentése, az eljárás gazdaságosságának növelése érdekében. Mindezek még jobban kiemelik az alakítási folyamatok és szerszámaik szisztematikus tervezése iránti igények fokozódását.

Egy további lényeges szempont az alakító eljárások számítógépes tervezésének egyre erőteljesebb előtérbe kerülésében az a globális verseny, amely az ipar szinte minden területén, de hangsúlyozottan az autópárhazban – amely a képlékenyalakítás egyik legfontosabb felvevő piaca – megnyilvánul. A képlékenyalakítás technológiai tervezésében évtizedeken át az üzemi-gyakorlati tapasztalatokon alapuló tervezési megoldások domináltak. A globális verseny fokozódásával – különösen az autópárhazban megnyilvánuló éles versenyhelyezettel – egyre inkább meghatározó igényként jelentkezett a számítógépes mérnöki módszerek alkalmazásával elérhető előnyök minél intenzívebb hasznosítása.

A számítógépes mérnöki módszerek alkalmazásának egyik fő iránya a képlékenyalakításban – különösen a számítógépes alkalmazások kezdeti időszakában – az ún. tudásalapú szakértői rendszerek alkalmazása [1]. Ez a megoldás különösen jól illeszkedik a képlékenyalakítás sajátosságaihoz. A szakértői rendszer típusú megoldások egyszerű képlékenységtani alapokon, többnyire az alakító üzemekben felhalmozódott empirikus szabályokon nyugvó, ún. szabályalapú rendszerek kidolgozását eredményezték az alakítás különféle területein [2]. Ilyen szakértői rendszereket dolgoztunk ki a Mechanikai Technológiai Tanszéken is sorozatszámokban végzett lemezalakítás [3], illetve forgásszimmetrikus alkatrészek mélyhúzásának [4] technológiai tervezésére is. A szakértői rendszer típusú alkalmazások, bár kétségkívül jelentős előrelépést jelentettek a képlékenyalakításban évtizedeken át jellemző, klasszikus tervezési filozófiához képest (amelyet az általánosan elterjedt angol terminológia, a *trial and error* alapján a *próbálgatás és korrigálás* fokozatos megközelítési módszerének nevezhetünk) azonban vannak bizonyos hiányosságai. Mivel ezek a megoldások rendszerint elemi képlékenységtani megoldásokon alapulnak, ezért egyrészt csak jól definiált keretek közötti korlátozott érvényességgel rendel-

* tanszékvezető egyetemi tanár, ** címzetes egyetemi docens,

*** főiskolai docens, **** adjunktus

Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

keznek, másrészt a megoldások pontossága sem mindig kielégítő, továbbá nem adnak felvilágosítást az anyagáramlásról, az alakváltozási és feszültségi eloszlásról, így az esetleges hibák okairól, keletkezésük körülményeiről sem.

A számítógépes alkalmazások másik – és napjainkban egyre dominánsabb – iránya a különféle numerikus módszerek (első sorban a végeleemes analízis) alkalmazása az alakítási folyamatok modellezésére [5]-[7].

A numerikus modellezés alkalmazásának fő célja a képlékenyalakításban az alakítási folyamatok minél pontosabb mechanikai-matematikai modelleken alapuló teljes folyamatmodellezése. A folyamatmodellezés, a legmegfelelőbb folyamat paraméterek meghatározása érdekében, az alakítási határállapotok figyelembevételével, az alakváltozási és feszültségi mező teljes feltérképezésével, a lehetséges hiba okok feltárásával biztosítja a minél jobb minőségű és hibamentes alkatrészgyártást. Ezen túlmenően a numerikus modellezés egyre szélesebb körű alkalmazása a folyamatok egyre reálisabb, megbízhatóbb modellezésével lehetővé teszi a hagyományos tervezés esetén elkerülhetetlen gyakori módosítások kiküszöbölését, de legalábbis a próbálkozások számának csökkentését, ezáltal is csökkentve a termékek kifejlesztésének és gyártásának időszükségletét és a ráfordításokat, számottevően növelve a tervezés és gyártás gazdaságosságát.

A numerikus modellezés nagyfokú előretörésében kiemelkedő szerepe van azoknak az informatikai fejlesztéseknek, amelyek révén a folyamatok numerikus modellezésének időigénye a korábban olykor több hetet is igénybe vevő szimulációk időszükségletének radikális – olykor egy-két napra, sőt esetenként néhány órára – csökkentése valósítható meg. Azonban a fejlesztéseket elemezve az is megállapítható, hogy a kizárólag numerikus modellezésen alapuló szimulációs eljárásoknak is vannak bizonyos hátrányai. Az előzőekben már említett hatalmas hardver és szoftver fejlesztések ellenére az eredmények megbízhatósága gyakran függ a modellezést végző tapasztalataitól, az adott rendszerekben való jártasságától. Ez részben a folyamatokat befolyásoló paraméterek nagy számának, részben az alkalmazott matematikai-mechanikai modellek komplexitásának tulajdonítható, amelyek megalkotása, illetve kezelése is jelentős elméleti képlékenységtani és gyakorlati technológiai ismereteket igényel.

A két különböző irányzat röviden felvázolt hiányosságainak kiküszöbölése, az alakítási feladatok minél pontosabb és megbízhatóbb megoldása iránti igény vezetett az utóbbi években azokhoz a fejlesztésekhez, amelyek a kétféle megközelítés előnyeinek egyesítésén alapuló, ún. tudásalapú integrált folyamatmodellezési módszerek kidolgozásához vezettek. A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke ezen a területen is a nemzetközi kutatások élvonalához tartozik, amelyet rangos publikációk fémjeleznek [8]-[10].

E kutatások az *Innovatív anyagtechnológiák, számítógépes tervezés és modellezés* című K+F témájában folytatódnak. E K+F téma keretében nemcsak a képlékenyalakítás, de a tanszék kompetencia területébe tartozó további anyagtechnológiák (hegesztés, hőkezelés) kutatása is fontos célkitűzés. A cikk keretében e kutatások eredményeiről számolunk be röviden.

2. A SZÁMÍTÓGÉPES TERVEZÉS ÉS MODELLEZÉS K+F TÉMA CÉLKITŰZÉSEI

Napjainkban a számítógéppel segített technológiai folyamat tervezés és a technológiai folyamatok numerikus modellezése gyakorlatilag már ipari szinten is alapvető követelménnyé vált. Ezért is tűztük ki fő kutatási célként a tanszék kompetencia területébe tartozó anyagtechnológiák (hegesztés, hőkezelés és képlékenyalakítás) számítógépes technológiai folyamattervezésének és modellezésének kutatását.

A hegesztés területén e K+F témacsoportban foglalkoztunk a különféle ömlesztő és sajtoló hegesztési eljárások technológiai tervezésével és numerikus modellezésével. A technológiai tervezéshez részben kereskedelmi forgalomban elérhető hegesztéstechnológiai szoftvereket (mint például a WeldSpec [11], WeldOffice [12] Welding Expert [13], Xenon Welding Software [14], stb.) részben a tanszéken fejlesztett [15] technológiai tervezést segítő szoftvereket alkalmazunk.

E programok közös jellemzője a hegesztés legkülönbözőbb területeinek – beleértve a hegesztés alap- és hozaganyagait, a hegesztés technológiai paramétereit, a hegesztőgépek megválasztását, a teljes folyamat automatizálását és dokumentálását – számítógépes adatbázisokon alapuló hatékony támogatása.

A hegesztés technológiai tervezését segítő szoftverek alkalmazása mellett egyre inkább előtérbe kerülnek a hegesztési technológiák kapcsolt termikus, mechanikus és metallurgiai folyamatait modellezni képes végeleemes programok. Ezen a területen a világon az egyik vezető szoftver fejlesztő cég, a francia ESI Group által kidolgozott SysWeld [16] programrendszer alkalmazuk. Az e területen elért eredményekről és a további tervezett kutatásokról egy soron következő cikkben számolunk be.

Ugyancsak e K+F témakör keretében hőkezelési technológiák számítógépes tervezésével is foglalkozunk. E kutatások egyik központi témája a tanszékünkön korábban nem-egyensúlyi hűtési viszonyokra kifejlesztett hőkezelés technológiai szoftver továbbfejlesztése [17].

Az anyagtechnológiák tervezése, modellezése elkerülhetetlen az anyagtudományi háttér, az anyagtörvények, anyagjellemzők megfelelő ismerete nélkül, ezért a kutatások ezekre a területekre is kiterjedtek. Természetesen egy korlátozott terjedelmű folyóiratcikkben e szerteágazó kutatások minden területén folyó munkát nem ismertethetjük részletesen, ezért a jelen cikk kere-

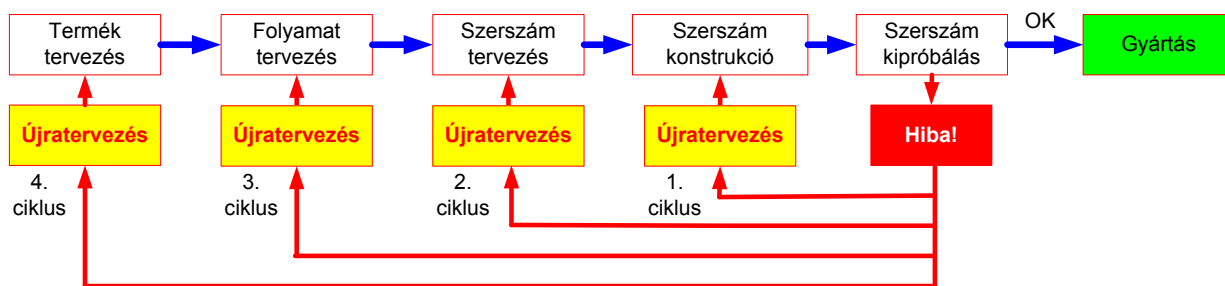
tében csak a képlékenyalakítás számítógépes tervezésével és modellezésével foglalkozunk, röviden felvázolva azt a tanszékünkön kidolgozott komplex megoldást, amelyet a szakértői rendszerek és a véges elemes modellezés integrálásával az elmúlt néhány év során megvalósítottunk. E cikkben a lemezalakítás területére kidolgozott integrált tervező és modellező rendszert ismertetjük röviden, bár az alapelvek a térfogatalakítás eljárásai esetén hasonlóan alkalmazhatók.

3. SZÁMÍTÓGÉPES FOLYAMATTERVEZÉS ÉS MODELLEZÉS A LEMEZALAKÍTÁSBAN

3.1. Számítógépes folyamattervezés hagyományos CAD környezetben

Amint az előzmények fejezetben említettük a számítógépes tervezés a képlékenyalakításban mintegy 20-25 éves múltra tekint vissza. Azonban a számítógépes technológiai tervezés hagyományos CAD környezetben lényegében egy főképp ipari tapasztalatokra épülő, egyszerű szakértői rendszerként fogható fel, amely

természetesen nagy segítséget jelent mind a technológus, mind pedig a szerszámtervező mérnöknek, de hagyományosan ezekben a rendszerekben nem valósul meg az egyes folyamatok interaktív egymásra épülése. A módszer, amint az 1. ábra is mutatja, egy szekvenciális tervezési folyamatot jelent, hatékonyan támogatva a technológust az egymás utáni műveletek sorrendjének és technológiai paramétereinek meghatározásában, valamint a szerszámtervezésben, ezáltal is tehermentesítve a tervezőt a jelentős számítási igényű, illetve grafikus tervezési feladatoktól. Azonban a folyamat szekvenciális jellege és a közbülső interaktív beavatkozások hiánya miatt az esetleges hibák csak a szerszámok kísérleti teszteléskor derülnek ki, és a hiba nagyságától/jellegétől függően jó esetben csak a szerszámtervezést, vagy a technológiai tervezést kell módosítani, esetenként azonban a tervezési folyamat elejére, a gyártmánytervezésre visszaható következményei lehetnek. Természetesen minél korábbi tervezési fázishoz kell visszatérni a szükséges korrekciók, módosítások miatt, annál hosszabb a fejlesztési idő és nyilvánvalóan, annál nagyobbak a fejlesztési költségek.

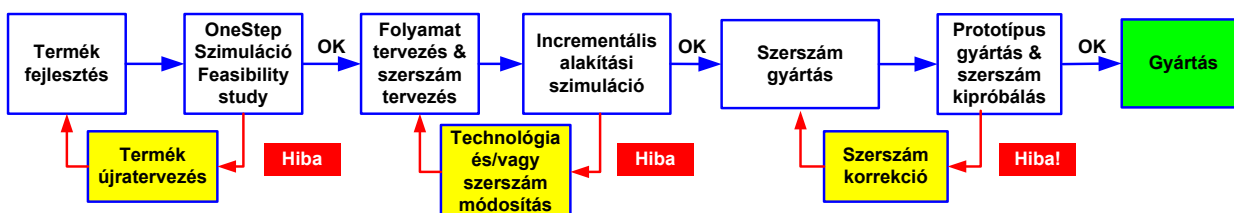


1. ábra. Számítógépes technológiai és szerszámtervezési folyamat vázlatja hagyományos CAD környezetben

3.2. Számítógépes folyamattervezés szimulációs környezetben

A világméretű verseny következtében általános igényként fogalmazódik meg a teljes fejlesztési ciklus hatékonyságának fokozása, ezáltal is csökkentve a fejlesztésre fordított időt, az új termékek bevezetési idejét és

mindezeket keresztül a gyártási költségeket. Ennek érdekében egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a korszerű numerikus modellezést és szimulációt a termékfejlesztéstől a gyártásig bezárólag a fejlesztési ciklus minden fázisában minél hatékonyabban alkalmazni kell. Ezt az elvet mutatja a 2. ábra, amelyen a szimulációval integrált fejlesztési ciklus folyamatábrája látható.



2. ábra. A numerikus modellezés integrálása a teljes fejlesztési ciklusba

Ennél a megoldásnál a szimuláció a terméktervezéstől, a technológiai és szerszámtervezésen keresztül a gyártás és szerszámkipróbálás minden fázisában jelen

van, és azonnali visszacsatolást biztosít a tervezőmérnöknek, amely lehetővé teszi a szükséges módosítások, korrekciók azonnali figyelembevételét, ezáltal is

minimalizálva a fejlesztési költségeket. Azonban még ez a megközelítés is rendelkezik bizonyos hátrányokkal a szerszámtervezést illetően, mivel a szimulációs rendszerek többnyire nem szolgáltatnak a szerszámtervezés szempontjából elegendő konstrukciós részleteket ahhoz, hogy a szerszámtervezés az általános CAD rendszerekben megfelelő részletességű és minőségű szerszámrajzokat eredményezzen.

3.3. Számítógépes technológiai és szerszámtervezés integrált CAD/FEM környezetben

A szerszámtervezés terén az előzőkben vázolt hiányosság kiküszöbölhető a CAD és FEM rendszerek olyan integrált alkalmazásával, ahol egy speciális interféce gondoskodik a két rendszer közötti megbízható és kellő részletességű tervezési adatok folyamatos adatcseréjéről. Lemezalkítási feladatoknál ezt a magas szintű integrált kapcsolatot a UniGraphics NX CAD rendszer és az AutoForm végeeselemes szimulációs programrendszer között az ún. UG-AF interface biztosítja [18].

E két rendszer választását számos tényezővel indokolhatjuk. Egyik oldalról, az autópárhazban a CAD rendszerek között az NX, a szimulációs rendszerek között az AutoForm egyike a világszerte leggyakrabban alkalmazott rendszereknek. Másrészt e két rendszer között az elsők között alkottak meg olyan speciális interféce programot, amely képes mindkét irányú adatforgalom megbízható szolgáltatására, és ezáltal a teljes termékfejlesztési ciklusban a CAD és FEM rendszer teljes integrációjának megvalósítását teszi lehetővé.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A Miskolci Egyetem „A felsőoktatás minőségének javítása Kiválósági Központokra alapozva a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területein” címmel elnyert TÁMOP projektje keretében a 4. Kiválósági Központ 1. Tudományos Műhelyének témája az *Innovatív anyagtechnológiák*. E Tudományos Műhely keretében egy önálló K+F téma a Számítógépes technológiai tervezés és modellezés. Ebben a cikkben a számítógépes mérnöki módszereknek a képlékenyalakítás területén való alkalmazásában a projekt eddigi futamideje alatt elért eredményekről számoltunk be röviden.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6. IRODALOM

- [1] S.K. Sitaraman, T. Altan: A Knowledge Based System for Process Sequence Design in Sheet Metal Forming, *J. of Mat. Proc. Techn.* (1991) pp. 247-271
- [2] N. Alberti, L. Cannizaro, F. Micari: Knowledge Based Systems and FE Simulations in Metal Forming Processes, *Annals of CIRP*, v.40. (1991) pp. 295-298.
- [3] M. Tisza: Expert System for Sheet Metal Forming, *J. of Mat. Proc. Techn.* (1995) pp. 423-432.
- [4] M. Tisza: A Complete CAD/CAM System for Metal Forming, 2nd Int. Conf. on CAD/CAM and Robotics, London, 22-26. August 1990. pp. 110-117.
- [5] Makinouchi, A.: Sheet Metal Forming Simulation, *J. Materials Processing Technology* v.60. (1996) pp. 19-26.
- [6] T. Altan et al: Simulation of Metal Forming Processes, 6th ICTP Conf., Nuremberg, 19-24. September 1999. v. 1. p. 23.
- [7] A. E. Tekkaya: State of the art of Simulation in Sheet Metal Forming, *J. Mat. Proc. Techn.*, v.103. (2000) pp. 14-22.
- [8] M. Tisza: Numerical Modelling and Simulation in Sheet Metal Forming, *Journal of Materials Processing Technology*, v.151. (2004) No. 1-3. pp. 58-62.
- [9] M. Tisza: Numerical Modelling and Simulation: Academic and Industrial Perspectives, *Materials Science Forum*, v. 473-474. (2005) pp. 407-414
- [10] M. Tisza, G. Gál, Zs. Lukács: Integrated process simulation and die-design in sheet metal forming, *IDDRG 2007 International Conference*, 21-23. May 2007, Győr, pp. 413-422.
- [11] WeldSpec: Welding Procedure Software for engineers and managers who track and manage welding procedures, <http://www.twisoftware.com/>
- [12] WeldOffice®: State-of-the-art intelligence engineering code, <http://www.cspec.com>
- [13] Welding Expert: an innovative welding quality tool, <http://www.weldingexpert.net/>
- [14] Xenon Welding Software, <http://www.xenon.com>
- [15] Komócsin, M.: HEG-TECH-Hegesztési technológiák számítógépes tervezése, *Mérnöktovábbképző jegyzet*, Miskolci Egyetem, ME MTT, 2005., 1-124. pp.
- [16] ESI Group: SysWeld Reference Manual, <http://www.esi-group.com/products/welding>
- [17] Gál I., Schaffer J.: Számítógépes hőkezelés technológiatervező rendszer, *Felhasználói leírás*, Miskolc, 2010. pp. 1-29.
- [18] M. Tisza: Rapid Parametric Process Design using FEM, *Advanced Materials Research*, v. 6-8. (2005) pp. 235-240.