

Többszintű modellezés alkalmazása a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlési folyamatok vizsgálatára

A szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlés vizsgálatára többszintű modellezési folyamatot alkalmaztunk. A modellezés első szintjén elkészítettük a kísérleti hengerlés számítógépi szimulációjára alkalmas végeeselemes modellt, aminek segítségével az alakítási folyamat változó peremfeltételeit vettük figyelembe. Majd a végeeselemes szimulációs eredményeket hozzákapcsoltuk a kristály-képlékenységtan alapegyenleteit alkalmazó számítási modulhoz, a viszkoplasztikus önkonzisztens módszerhez (viscoplastic-plastic self-consistent model – VPSC) [1], ami a modellezés második szintjét jelenti. Ezen a szinten elvégeztük a szimmetrikusan és az aszimmetrikusan hengerelt EN AW 5754 alumíniumötvözetű szalag textúraszimulációját, aminek segítségével a hengerelt szalag mikroszerkezeti változásai vizsgálhatóvá váltak. Röntgendiffrakciós mérésekkel határoztuk meg a kísérleti hengerlés során alakított szalagok pólusábráit, amelyeket a textúraszimulációk eredményeivel, a számított pólusábrákkal hasonlítottunk össze.

1. Bevezetés

A hidegen hengerelt szalagtermékekkel szemben támasztott egyre növekvő elvárások olyan korszerű modellezési technikák alkalmazását igénylik, amelyek lehetővé teszik az alakított ötvözet anyagszerkezeti tulajdonságainak és az azokat befolyásoló alapvető hengerlési paraméterek közötti összefüggéseknek minél pontosabb vizsgálatát. A képlékenyalakítási feladatokon belül sok esetben elegendő a hagyományos analitikus vagy egyszerű numerikus módszerek (átlagfeszültségmódszer, energetikai módszer) alkalmazása, amelyek segítségével a hengerlés lokális és globális erőtan paramétereit egyaránt meghatározhatjuk. A nagyszámú fizikai geometriai változó, valamint a több paraméteres sűrűdési és anyagmodellek együttes kezeléséhez elterjedt a végeeselemes módszer alkalmazása. Ez az eljárás alkalmazható a hagyományos (szimmetrikus) hengerlések és az aszimmetrikus

hengerlések [2] szimulációjára is. Az aszimmetrikus hengerlés esetében a lemez két oldalán eltérő peremfeltételeket hozunk létre, aminek következtében nyíró alakváltozás jön létre a szalag teljes vastagsága mentén (az aszimmetria többféle módszerrel biztosítható: 1. ábra a.) b.) a munkahenger eltérő kerületi sebessége, c.) eltérő sűrűdési viszony a két érintkezési felületen). Az eljárás segítségével lehetőség nyílik nagyobb mennyiségű ultrafinom szemcseszerkezetű szalagtermék előállítására, ami a szilárdsági és szívóssági tulajdonságok javulásával is együtt járhat. A különböző módon hengerelt, majd hőkezelt szalagok alakíthatóságára *Utsunomiya*, *Ueno* és *Sakai* szerzők végeztek összehasonlító vizsgálatot [3], ahol megállapították, hogy az aszimmetrikus hengerléssel javítható a lemez alakíthatósága is. Habár a nemzetközi kutatások eredményei biztatóak, az aszimmetrikus hengerlés ipari alkalmazására eddig nem volt példa, vagy csak ipari ki-

sérletek formájában végeztek hengerléseket. A szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlési módszer peremfeltételei különböznek egymástól, s ez a technológiai eltérés a hengerelt termék anyagtulajdonságaira és belső szerkezetére is hatással van.

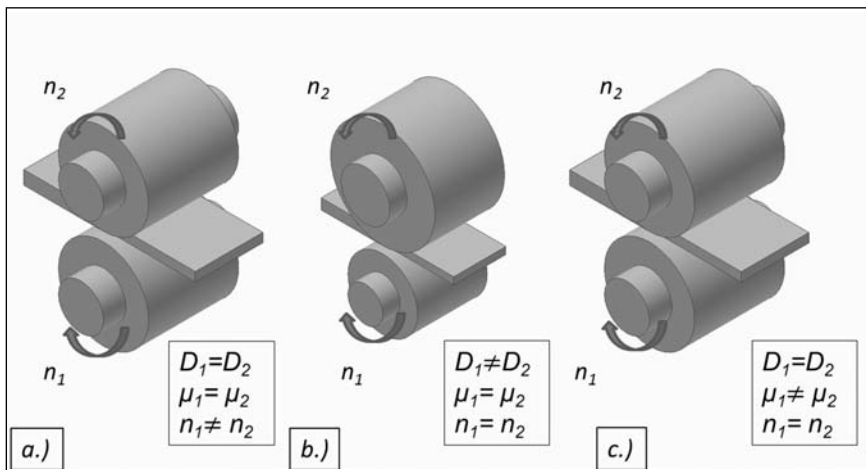
A nemzetközi szakirodalomban a legtöbb szalaghengerlési feladatnál az alakítandó anyagot izotróp keményedő tulajdonságúnak tételezik fel [4], és kitérnek az érintkezési felületen kialakuló lokális paraméterek meghatározására [6]. A folyamat vizsgálata szempontjából meghatározó jelentőségű a szalag és a henger érintkező felületén ébredő sűrűdő feszültség, amit sok esetben a hagyományos Coulomb- vagy a Kudó-féle összefüggéssel vesznek figyelembe [7, 8]. A szalag és a henger között fellépő relatív sebességtől függő sűrűdési tényezőt először *Li* és *Kobayashi* alkalmazta a hengerlési folyamat kétdimenziós analiziséhez [9].

Munkánk során figyelembe vettük a hengerlés változó peremfeltételeit az alakítási folyamat szimulációjához készített végeeselemes számításokkal, amin belül komplex sűrűdési modellt használtunk. A modellezés második szintjében a kontinuum-mechanikai számítások eredményeit összekapcsoltuk a kristály-képlékenységtan alapegyenleteit alkalmazó VPSC [1] módszerrel, amellyel az alakítás hatására létrejövő textúra meghatározására alkalmas számítások végezhetők.

Szücs Máté 2009-ben szerzett diplomát hőkezelt és képlékenyalakító szakirányon az ME Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet tudományos segédmunkatársa. Kutatási területe a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlés modellezése.

Dr. Krállics György a ME Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet egyetemi tanára. Szakmai területe a képlékenyalakítás technológiájának tervezése, modellezése, az ultrafinomszemcsés fémek anyagok intenzív képlékenyalakítással történő előállítása.

Dr. Benke Márton a ME Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet egyetemi docense. Főbb kutatási területei: alaklélekző ötvözetek, röntgendiffrakciós fázisazonosítás, maradó feszültség meghatározása röntgendiffrakciós módszerrel, TWIP acélok, textúra vizsgálatok.



■ 1. ábra. a.) eltérő sebességű, c.) eltérő súrlódású hengerlés

1. táblázat. EN AW 5754 alakított alumíniumötvözet összetétele, tömeg%

Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ti	Mn+Cr	Egyéb
2,6–3,6	0,0–0,4	0,0–0,4	0,0–0,1	0,0–0,5	0,0–0,3	0,0–0,2	0,0–0,15	0,1–0,6	Max 0,15

2. A hengerlési kísérletek és a textúramérések bemutatása

A hengerlés változó paramétereinek és a hengerelt szalag mikroszerkezeti változásainak vizsgálatához hengerlési kísérletek – EN AW 5754 (AlMg3) anyagminőségű szalag szimmetrikus és eltérő sebességű hengerlése – paramétereit vettük figyelembe.

A kísérleti hengerléseket ikermotors hajtású hengerállvány segítségével végeztük, ami lehetővé teszi, hogy a hengerek fordulatszámát egymástól függetlenül változtassuk meg. A fordulatszám tartománya 0...10 ford./perc között változtatható, a hengerátmérő: 140 mm. A kísérlethez használt EN AW 5754 (AlMg3) anyagminőségű

szalag kiinduló vastagsága 6,05 mm, szélessége 30 mm, hosszúsága 400 mm, vegyi összetételét az 1. táblázat mutatja. A hengerlési paraméterek vizsgálatára érdekében három hengerlési sorozatban készültek szimmetrikusan és aszimmetrikusan hengerelt szalagminták, vagyis három különböző fordulatszám arányt (rr) állítottunk be: $rr_0 = 1,0$ (szimmetrikus hengerlés), $rr_1 = 1,5$; $rr_2 = 2,0$, miközben a felső henger fordulatszámát mindig 10 ford./percig állandóan tartottuk, az alsó henger sebességét pedig több lépcsőben változtattuk meg.

A hengerlési kísérletben három szűrővel érték el a lemez kész vastagságát, a szűrásokban alkalmazott fogyások értékeiről a 2. táblázat ad információt.

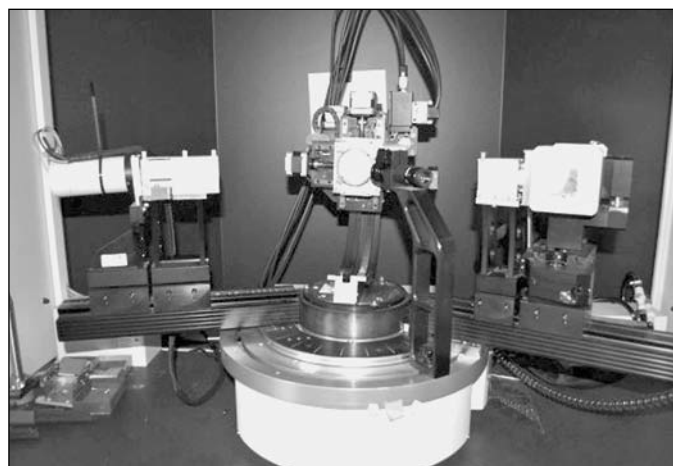
2.1. Textúramérés

A hengerelt szalagok textúravizsgálatait az ME-FKNI Röntgendiffrakciós Laboratóriumában végeztük el, Bruker D8 Discover diffraktométerrel (2. ábra). A mérések során alkalmazott röntgenszó Co $K\alpha$ típusú. A fűtőáram 40 mA, a csőfeszültség pedig 40 kV. A textúravizsgálatok előtt a reflexiókhoz tartozó Bragg-szögeket a szalag mindkét oldalán kimérték. A textúravizsgálatok után, a háttérkorrekció és a defokuszási korrekciók megtörténtek, ahol a korrekciós méréseket alumíniumporral végeztük. A mérés során a mintát ki kell dönteni a fókuszsíkból. A minta pozíciójának változtatása a szalag hengerlési irány körüli elforgatásával (PHI-szög) és a keresztirány körüli döntéssel (CHI-szög) történt. A CHI = 0° döntéshez tartozó vizsgálati sík minden esetben egybeesett a hengerlési síkkal. A szalag pólusábráján 12 óra irányába mutat a hengerlési irány, a döntés értéke a pólusábra középpont-

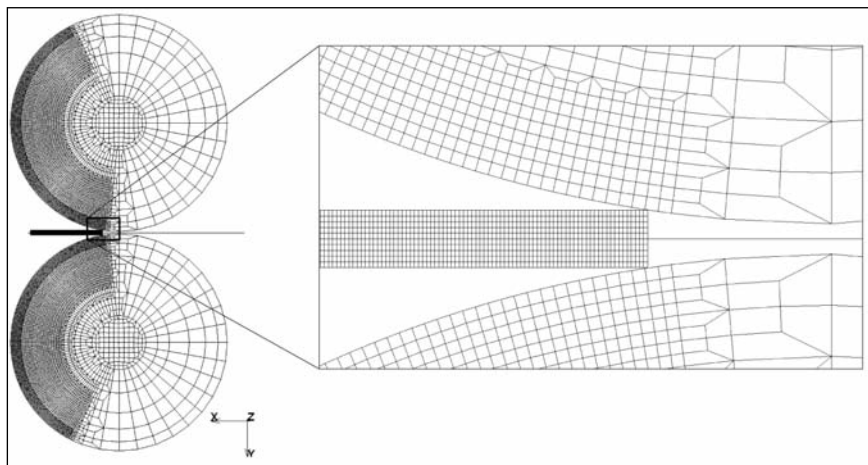
ra van elrendezve. A mérés során a mintát ki kell dönteni a fókuszsíkból. A minta pozíciójának változtatása a szalag hengerlési irány körüli elforgatásával (PHI-szög) és a keresztirány körüli döntéssel (CHI-szög) történt. A CHI = 0° döntéshez tartozó vizsgálati sík minden esetben egybeesett a hengerlési síkkal. A szalag pólusábráján 12 óra irányába mutat a hengerlési irány, a döntés értéke a pólusábra középpont-

2. táblázat. A szűrásokonkénti vastagság és a fogyás mérték

	1. szűrás	2. szűrás	3. szűrás
kiinduló vastagság	6,05	3,5	2,1
kész vastagság	3,5	2,1	1,2
fogyás (%)	42	40	42



■ 2. ábra. Bruker D8 Discover diffraktométer Euler-bölcsovél



■ 3. ábra. A hengerlés végeleemes modellje

3. táblázat. Johnson–Cook-egyenlet paraméterei az EN AW 5754 alumíniumötvözetre

Ötvözet jel	A	B	n	C	m_T
EN AW 5754	225	132	0,75	0,01	1

jától sugárirányban kifelé haladva CHI = 0°-tól 75°-ig növekszik, az elforgatás értéke PHI = 0°-tól 360°-ig az óramutató járásával megegyező irányban növekszik. A kapott pólusábrákon ehhez a koordináta-rendszerhez képest lehet értelmezni az egyes {hkl} reflexiók intenzitásának térbeli eloszlását. A döntési pozíciót $\chi = 0 \dots 75^\circ$ között $\Delta\chi = 5^\circ$ lépésközzel változtattuk.

3. A szalaghengerlés modellezési folyamata

A hengerlési folyamat analizését MSC.Marc nemlineáris végeleemes szoftverrel készítettük el. A kétdimenziós végeleemes modell felépítését a 3. ábra mutatja be. A szalag és henger közötti érintkezési zónában alkalmazott hálósűrítést a nagyított kép illusztrálja. A végelelem háló síkbeli négy csomópontú, izoparametrikus síkbeli elemekből épül fel, 7401 darab a henger és 3600 darab a szalag esetében.

A hengerelt ötvözetek viselkedését minden esetben a rugalmas-képlékeny izotróp keményedő anyagmodell írja le, a hengereket pedig lineárisan rugalmas anyagként definiáltuk ($E_{Al} = 70 \text{ GPa}$, $E_{acél} = 210 \text{ GPa}$, $\nu = 0,34$). A homogén, izotróp anyag képlékeny viselkedését a Johnson–Cook-féle anyagmodell jellemzi [10], így az alakváltozási sebesség és hőmérséklet hatását egyaránt figyelembe vettük az anyag keményedésénél.

A Johnson–Cook egyenlet általános alakja a következő összefüggés szerint írható fel:

$$k_f = (A + B \cdot \bar{\epsilon}_p^n) \left(1 + C \ln \xi^* \right) \left(1 - \left[\frac{T - T_{körny}}{T_{olv} - T_{körny}} \right]^{m_T} \right) \quad (1)$$

ahol $\bar{\epsilon}_p$ jelöli a képlékeny alakváltozási mértéket, $\xi^* = \bar{\epsilon}_p / \bar{\epsilon}_{p0}$ a dimenzió nélküli alakváltozási sebességet, $\bar{\epsilon}_p$ – az egyenértékű képlékeny alakváltozási sebesség, $\bar{\epsilon}_{p0}$ – a referencia alakváltozási sebesség, a T_{olv} – az alakított fém olvadáspontja, $T_{körny}$ – a környezeti hőmérséklet, T – az alakított fém pillanatnyi hőmérséklete, A – az anyag folyáshatára, B – az alakváltozási együttható, n – a keményedési kitevő, C – az alakváltozási sebesség együttható, m_T – a hőmérséklet kitevő. A Johnson–Cook-egyenlet anyagparamétereit a 3. táblázat tartalmazza.

3.1. Levanov súrlódási modell

A henger és szalag között kialakuló súrlódás leírására a módosított Levanov-féle súrlódási modellt alkalmaztuk [11]. Az eredeti súrlódási modell a relatív sebesség függését leíró taggal bővült ki, ami a súrlódási feszültség folyamatos változását és az előjel vál-

tását is figyelembe veszi:

$$\tau = k_0 \frac{2}{\pi} \arctan \left(\frac{\Delta v}{C_{VE}} \right) \left(1 - \exp \left[-1,25 \frac{p}{k_f} \right] \right) \tau_f \quad (2)$$

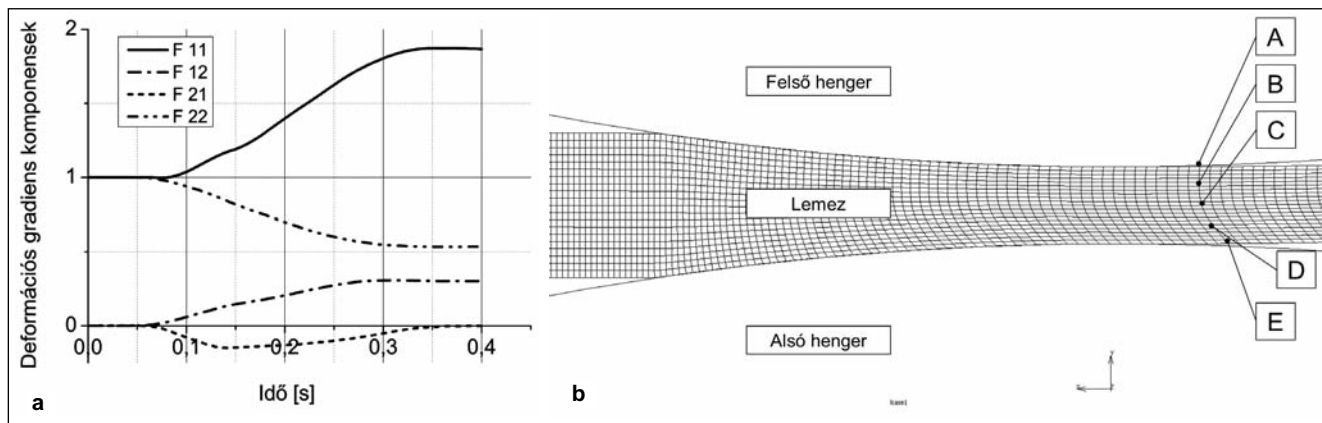
ahol τ – a súrlódási feszültség az érintkező felület egy adott pontjában, k_f – az alakított anyag alakítási szilárdsága, τ_f – az anyag nyíró folyáshatára az érintkezési felülethez közeli zónában, p – a nyomás, Δv – a relatív sebesség, C_{VE} – a relatív sebességgel arányos konstans és a k_0 paraméter a felület állapotát kifejező tényező, értéke 0–1 között változik. A súrlódási törvény modell szintű alkalmazásához a végeleemes szoftverben meghívható súrlódási szubrutint (UFRIC) alkalmaztunk.

3.2. A szalaghengerlés végeleemes modellezési folyamata

A hengerlési folyamat végeleemes analizését adott sebességi, hőmérsékleti peremfeltételek mellett végeztük el, a Levanov-féle súrlódási törvény felhasználásával $\tau = k_0(\Delta v, p, k_f)$, ahol a hengerelt szalag és a munkahenger anyagparaméterei szintén ismertek voltak. A súrlódási tényezőt inverz eljárással határoztuk meg, amihez rendelkezésre álltak mérési adatsorok a hengerlési erőre és a nyomatékra is. A számított és mért hengerlési paraméterek közötti eltérést több iterációs lépésben minimalizáltuk, amihez a Levanov-egyenletben szereplő k_0 paramétert módosítottuk. Ezt követően pontosan meghatároztuk a nyomott ívben kialakuló lokális paraméterek értékeit (a nyomás, a súrlódási feszültség, a hőmérséklet-növekedés, valamint a relatív sebesség).

3.3. A végeleemes modell és a vizkoplasztikus önkonzisztens módszer összekapcsolása

A hengerlés kétszintű modellezési folyamatához a korábban ismertetett kontinuum mechanikai modellt használtuk fel, ami a modellezés első szintje. A vizsgálat első lépéseként végeleemes szimulációval előállítottuk az alakítási zónában létrejövő deformációs gradiens (F) tenzor ele-



■ 4. ábra. a.) Deformációs gradiens komponensek változása az egy szűrásban hengerelt szalag felületén, b.) szalagmodell csomóponti helyei

meit 4. ábra a). Ezeket a lokális értékeket a szalag keresztmetszetének több csomópontjára (4. ábra b.) A–E csomóponti pozíciók) időlépésenként határoztuk meg.

A deformációs gradiens tenzort felhasználva numerikus deriválással határoztuk meg az L sebességgradiens-tenzort, az alábbi művelet szerint:

$$L = \dot{F}F^T \quad (3)$$

ahol az \dot{F} – az alakváltozási gradiens időbeli deriváltja, F^T – az alakváltozási gradiens tenzor transzponáltját jelöli.

A sebességtenzor idő szerint meghatározott elemei bemenő adatként szolgáltak a VPSC textúramodellezéshez, ahol az egyes kristályok alakváltozás és feszültség közötti összefüggése egy alakváltozási sebességre érzékeny konstitutív egyenlet segítségével határozható meg. A lemezben létrejövő sebességmező leírását pedig a vége-selemes modell eredményei szolgáltatták.

3.4. Textúraszimuláció

A modellezés második szintjében, egy több szűrásos hengerlési folyamat vége-selemes szimuláció eredményét felhasználva számítottuk ki a szalag alakítási textúráját jellemző pólusábrákat. A sebességgradiens-tenzor időlépésenként meghatározott elemei bemenő adatként szolgáltak a VPSC textúramodellezéshez, amin belül az egyes kristályok alakváltozás és feszültség közötti összefüggése egy alakváltozási sebességre érzékeny konstitutív egyenlet segítségével határozható meg. A VPSC számítás

peremfeltételét a vége-selemes modell eredményei szolgáltatták. A textúraszimulációhoz előzetesen szükséges megadni a szalagot alkotó szemcsék kiinduló helyzetét. Ennek a kezdeti feltételnek a megadásához a VPSC szoftveren belül egy 500 darab véletlenszerűen elhelyezkedő szemcse halmazát szükséges definiálni, amivel egy izotróp tulajdonságú anyagot jellemzünk. A szemcsék alakváltozása és az elfordulása követhető végig a szimulációs folyamat során. A textúraszámítás megoldásához az affin linearizációt alkalmaztuk. A második szűrásban hengerelt lemez szemcseszerkezetének kezdeti állapotát az előző szűrás számítási eredményei, az Euler-szögek határozzák meg. Mindezek ismeretében az önkonzisztens módszer segítségével számítható a textúra megváltozása is.

4. Modellezési eredmények

A sík hengerlésre végzett számításokkal a szimmetrikusan és az eltérő sebességgel hengerelt szalagok $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ kristálytani síkjaira érvényes pólusábrákat hasonlítottuk össze. A mért és számított pólusábrákat a 4. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban közölt mérési és számítási eredmények a 4. b.) ábrában megjelölt E pontra érvényesek.

A röntgendiffrakciós vizsgálat a szalagok szélesedését is kimutatta, kitüntetett intenzitáscsúcsok jelennek meg a pólusábrákon, ami nem a hagyományos síkhengerlési textúrára jellemző. Az eltérő sebességű hengerlés esetében a pólusábrákban megjelenő

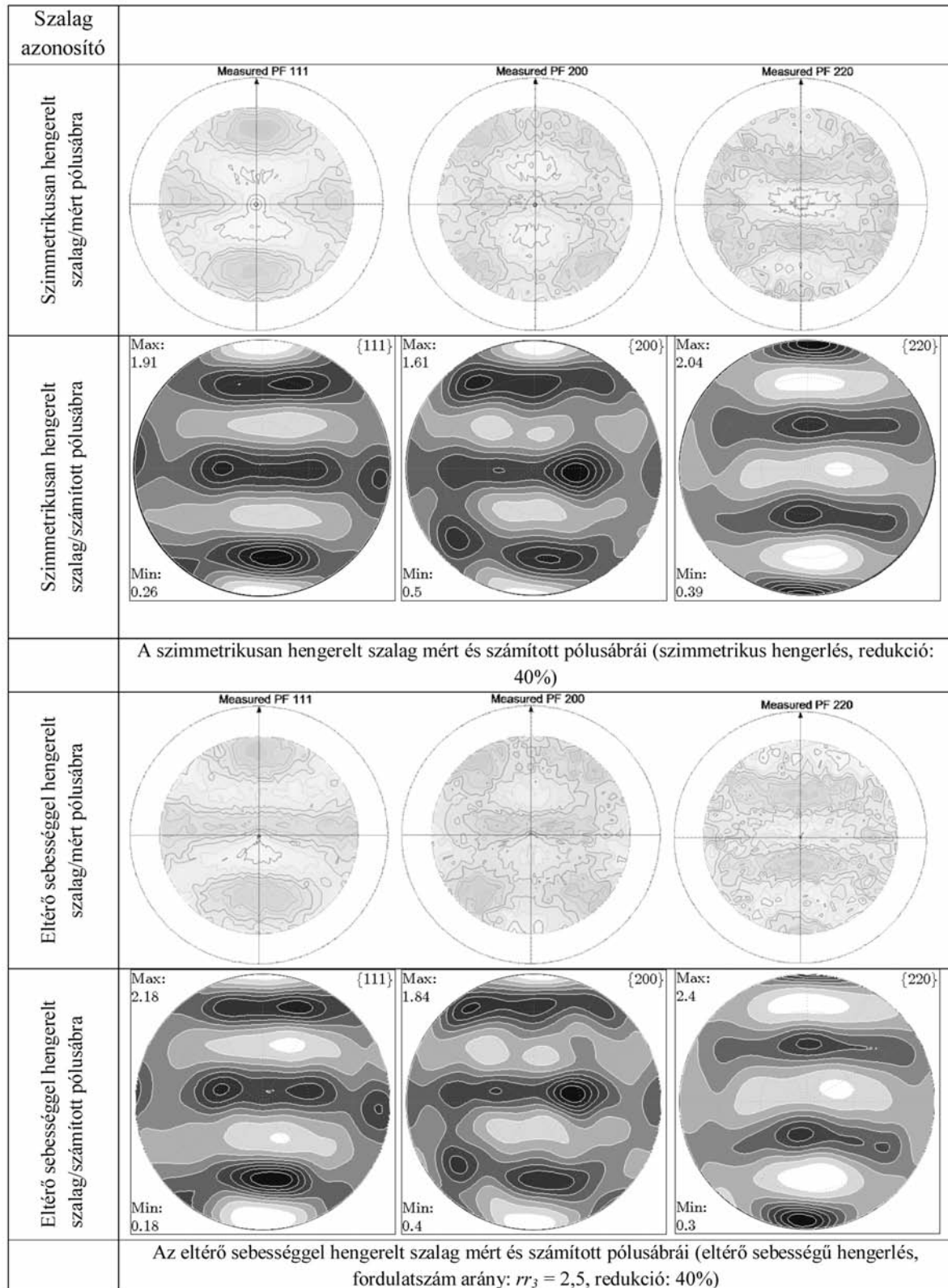
pólussűrűség maximumok a hengerlési irány mentén elmozdulnak, a szimmetrikusan hengerelt szalagminták esetében ilyen jelenséget nem lehet megállapítani. Az intenzitás csúcsok elmozdulásából a szalag kristálytani síkjainak elfordulására is következtetni lehet.

5. Következtetések

A kidolgozott kétszintű modellezési folyamat eredményesen alkalmazható a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlések változó peremfeltételeinek és a hengerelt szalag mikroszerkezeti vizsgálatában. A szalaghengerlésre kidolgozott vége-selemes modell segítségével meghatározhatóvá vált a hengerlés nyomott ívén kialakuló sűrűségi és feszültség viszony, amire hatással vannak a hengerlési eljárások eltérő paraméterei.

A szalag mikroszerkezeti tulajdonságait alapvetően befolyásolják a hengerlés változó paraméterei, amit a kontinuum mechanikai modell és a kristály-képlekenységtan alapegyenleteit használó VPSC módszer összekapcsolásával képesek vagyunk vizsgálni. A textúra mérések és a szimulációk eredményei alapján megállapíthatóak a szimmetrikusan és az eltérő sebességgel hengerelt szalagminták mikroszerkezeti eltérései, az aszimmetrikus hengerlés hatására kialakuló nyírt textúra. Ezek a tulajdonságok hatással vannak a szalag irányfüggő mechanikai tulajdonságaira, ami meghatározza a szalag viselkedését akár a további szalagalakítási műveleteknél is.

4. táblázat. Mért és számított pólusábrák a szimmetrikusan és eltérő sebességgel hengerelt EN AW 5754 alumíniumötvözet esetében



Irodalom

[1] R. A. Lebensohn and C. N. Tomé: A self-consistent viscoplastic model: prediction of rolling textures of anisotropic polycrystals, *Materials Science*

and Engineering, A175 (1994) 71–82.
 [2] A. Nilsson, I. Salvator, P.-D. Putz, G. Goldhahn, J. Malbrancke: Using asymmetrical rolling for increased production and improved material properties, *Research Fund for Coal*

and Steel, European Commission
 [3] H. Utsunomiya, T. Ueno and T. Sakai: Improvement in the r-value of aluminum sheets by differential-friction rolling, *Scripta Materialia* 57 (2007) 1109–1112.

- [4] U. S. Dixit, P. M. Dixit: A finite element analysis of flat rolling and application of fuzzy set theory, *Int. J. of Mach. Tools and Manufacture* Vol. 36, No. 8. pp. 947–969, 1996
- [5] M. Abo-Elkhier: Elasto-plastic finite element modelling of strip cold rolling using Eulerian fixed mesh technique, *Finite Elements in Analysis and Design* 27 (1997) 323–334.
- [6] Liu Xiang-hua, Shi Xu, Li Shan-qing, Xu Jian-yong, Wang Guo-dong: FEM analysis of rolling pressure along strip width in cold rolling process *Journal of iron and steel research, International*. 2007, 14(5): 22–26
- [7] Eduardo N. Dvorkin, Marcela B. Goldschmit, Miguel A. Cavaliere Pablo M. Amenta, Osvaldo Marini, Walter Stroppiana: 2D finite element parametric studies of the flat-rolling process, *Journal of Materials Processing Technology* 68 (1997) 99–107.
- [8] Z. Y. Jiang, A. K. Tieu, X. M. Zhang, C. Lu, W. H. Sun: Finite element simulation of cold rolling of thin strip, *Journal of Materials Processing Technology* 140 (2003) 542–547.
- [9] Li, G., Kobayashi, S.: Rigid-Plastic Finite-Element Analysis of Plane Strain Rolling, *ASME, J. Eng. Ind.*, (1982), 104, 33–64.
- [10] Gordon R. Johnson, William H. Cook: A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures, *Proceedings, 7th International Symposium on Ballistics, Hague, The Netherlands*, pp. 541–547, 1983.
- [11] A. N. Levanov: Improvement of metal forming processes by means of useful effects of plastic friction, *Journal of Materials Processing Technology* 72 (1997) 314–316.

Üzemavató Inotán

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály inotai csoportja 2016. november 25-én szakmai napot és szakestélyt tartott az ALUMELT üzem avatása alkalmából.

Az inotai Magyar Ezüst Kultúrottthonban rendezett szakmai napon az első előadást *Penk Márton*, a Martin Metals Kft. ügyvezetője tartotta. Előadásában kitért többek között az új üzem telepítésének előzményeire, az olvasztómű felépítésére, a szigorú környezetvédelmi előírásoknak megfelelő, modern olvasztási-öntési technológiára. Ismertette azokat a betétanyagfajtákat, amelyek jelentős környezetterhelést jelentenének a felhalmozódásuk esetén, ám ezzel a technológiával eredményesen beolvaszthatók. Ilyenek például az italosdobozok, forgácsok. Az Inotal Zrt. legújabb üzeme már 2015 tavaszán megkezdte a próbaüzemet, amely

mintegy 35 fővel azóta 14 000 t öntészeti alumíniumtömböt állított elő. A két-két forgódobos és öntökemencét az öntősorban vízhűtéses Gautschi-öntőlánc követi. A sor végén a kész tömböket robot rakásolja és csomagolja. Az új, modern olvasztókemencék alapanyagát teljes egészében a Martin Metals Kft. biztosítja. A második előadó, *Friedrich Zoltán* egy izgalmas kísérletsorozatról számolt be előadásában. Egy alumíniumszalagot rendelő vevőnek kísérletsorozattal segített a gyártó szalagüzem „rátalálni” arra a hőkezelési állapotú termékre, amelyik a vevő számára a legkedvezőbb. Az előadás ékes példája annak, hogyan szolgáljunk ki, hogyan tartsunk meg vevőket.

Az előadásokat az új üzem megtekintése, majd szakestély követte (1.–2. kép). A szépszámú, 54 fős szakestély a hagyományoknak meg-

felelően elnökválasztással kezdődött, majd a házirend felolvasásából megtudhattuk, hogy egy korábbi (világválság megoldó) inotai szakestély óta eltelt idő alatt – az inotai dolgozók tevékenységének is köszönhetően – a világválság országos válsággá szelídült. Tehát elérte közelebbi célját, és már új célok érdekében, új üzemek indításával (l. új Properzi üzem 2014-ben, és most az új ALUMELT üzem) „tevékenykedünk az újabb akadályok leküzdése érdekében”. Az új üzem vezetői hasznos tanácsokat kaptak a szót kérő és kapó hozzászólóktól az üzemeltetéssel kapcsolatban. Bár a krampampuli főzömestere most csődöt mondott, hiszen szervírozás előtt üvegrobbanás miatt az egész mennyiség az enyészete lett, a jó hangulatú baráti beszélgetéseknek semmi sem vetett gátat.

Szücs Zoltán



■ 1. kép: A szakestély vidám percei



■ 2. kép: Penk Márton pohárköszöntője