

- [4] L. Ciacci, T. Werner, I. Vassura, F. Passarini, „Back-lighting the European Indium,” *Journal of Industrial Ecology*, vol. 23, no. 2., pp. 426–437, 2018.
- [5] J. Yang, T. Retegan and C. Ekberg, „Indium recovery from discarded LCD panel glass by solvent extraction,” *Hydrometallurgy*, vol. 137, pp. 68–77, 2013.
- [6] W. L. Chou and Y. H. Huang, „Electrochemical removal of indium ions from aqueous solution using iron electrodes,” *J. Hazardous Mater.*, vol. 172, pp. 46–53, 2009.
- [7] S. R. Lim and J. M. Schoenung, „Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat panel displays,” *J. Hazardous Mater.*, vol. 177, pp. 251–259, 2010.
- [8] A. N. Zelikman, O. E. Krein, G. V. Samsonov, *Metallurgy of Rare Metals*, Moszkva, 1966.
- [9] „statista,” 2019. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/1060401/global-refinery-production-of-indium-by-country/>.
- [10] M. Ueberschaar, M. Schlummer, D. Jalalpoor, N. Kaup and V. S. Rotter, „Potential and recycling strategies for LCD panels from WEEE,” *Recycling*, vol. 2, no. 7, pp. 1–19, 2017.
- [11] B. Csöke, L. Bokányi, J. Fajtli, S. Nagy et al., *Elektronikai hulladékok előkészítése a stratégiai elemek viszszerelése érdekében*, Miskolc: Milagrossa, 159 p., 2014.
- [12] L. Bokányi et al., „Recovery of indium as a critical element from waste LCD panels,” in *Proc. 14th Intern. Mineral Processing Symp.*, Izmir, Turkey, Turkish Min. Development Foundation, pp 645–651., 2014.
- [13] L. Bokányi, T. Varga and V. Márai-Üveges, „Experimental investigation of indium recovery from waste LCD panels by chemical solubilization,” in *Intern. Conf. on Waste Recycling*, WR18, Miskolc, Hungary, p.8., 2014.
- [14] K. Zhang, B. Li, Y. Wu, W. Wang, R. Li, Y. Zhang and T. Zuo, „Recycling of indium from waste LCD: A promising non-crushing leaching with the aid of ultrasonic wave,” *Waste Management*, vol. 64, pp. 236–243, 2017.
- [15] S. J. Hsieh, C. C. Chen and W. C. Say, „Process for recovery of indium from ITO scraps and metallurgic microstructures,” *Materials Sci. and Eng, B*, vol. 158, pp. 82–87, 2009.
- [16] Y. Li, Z. Liu, Q. Li, Z. Liu and Z. Li, „Recovery of indium from used indium-tin (ITO) targets,” *Hydrometallurgy*, vol. 105, pp. 207–212, 2011.
- [17] D. Dobos, *Elektrokémiai táblázatok*, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1979.
- [18] „Londoni Fémtőzsde,” [Online]. Available: <https://www.lme.com/>.
- [19] „Preismonitor,” Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 20 január 2020. [Online].
- [20] D. Choi, S. J. Hong and Y. Son, „Characteristics of indium tin oxide (ITO) nanoparticles recovered by lift-off method from TFT-LCD panel scrap,” *Materials*, vol. 7, pp. 7662–7669, 2014.
- [21] Z. Horváth és A. Szepessy, *Fémkohászat I, Nehézipari Műszaki Egyetem*: Miskolc, 1970.
- [22] T. Kékesi and M. Isshiki, „Anion exchange for the ultrahigh purification of transition metals,” *Erzmetall*, vol. 56, no. 2, pp. 59–67, 2003.
- [23] T. Kékesi, „Anioncserés elválasztások ultranagy tisztaságú réz előállítására (I),” *BKL Kohászat*, 139. évf., 3. szám, pp. 31–39, 2006.
- [24] T. Kékesi, „Anioncserés elválasztások ultranagy tisztaságú réz előállítására (II),” *BKL Kohászat*, 139. évf., 5. szám, pp. 27–35, 2006.

RENKÓ JÓZSEF BÁLINT – SZABÓ PÉTER JÁNOS

## EN-AW 6082 alumíniumötvözet többtengelyű kovácsolásának fizikai és virtuális szimulációja

*EN-AW 6082 alumíniumötvözet többtengelyű kovácsolását végeztük el Gleeble 3800 termofizikai szimulátor MaxStrain egységén. Az egyes kovácsolási lépések során közel azonos mértékű egyenértékű képlékeny alakítást értünk el. A logaritmusos alakváltozás lépésenként 0,4 volt, a kumulált egyenértékű alakváltozás mértéke körülbelül 4-re adódott. Minden lépés után képeket készítettünk a mintáról, hogy a geometriai változásokat nyomon tudjuk követni. A vizsgált alakváltozási sebesség 0,1 1/s volt. Az alakítás következtében fellépő hőmérséklet-változást az alakítási zóna mellett elhelyezett termoelemmel mértük.*

*A fizikai szimuláció végeसेlemes modellezését QForm3D 9.0.9 szoftverrel készítettük el. A fizikai szimuláció során a szerszám elmozdulását és a hőmérséklet változását rögzítettük. Ezeket az elmozdulásértékeket, mint peremfeltételt használtuk fel a végeसेlemes modellezés során. A fizikai szimuláció hőmérséklet-Idő és erő-elmozdulás diagramjait összevetettük a végeसेlemes modellezéssel kapott diagramokkal.*

**Renkó József** 2016-ban végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépész Karán, mint gépészmérnök, majd 2019-ben szerezte meg mesterdiplomáját okleveles gépészmérnök-ként. Jelenleg a Műegyetem Pattantyús Ábrahám Géza Műszaki Tudományok Doktori Iskolájának doktorandusza. Kutatási területe a nem monoton hideg- és melegalakítási folyamatok fizikai és mechanikai modellezése. Emellett kutatásokat végez fémek anyagok színes maratással történő vizsgálatával kapcsolatban is.

**Szabó Péter János** 1992-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 1995-ben PhD-fokozatot nagyfelbontású röntgen vonalprofil-analízis témakörből. MTA doktori értekezését, melynek témája az ultrafinom szemcsés anyagok előállítása és vizsgálata volt, 2013-ban védte meg, ugyanebben az évben habilitált. Jelenleg a BME Gépészmérnöki Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszék tanszékvezető egyetemi tanára.

## 1. Bevezetés

Az elmúlt 25 év során az intenzív képlékeny alakítás (IKA) technológiája jelentős fejlődésen ment át [1–4]. A témával foglalkozó kutatók számos új eljárást fejlesztettek ki, melyek segítségével tömbi ultrafinom szemcsés mikro-szerkezet érhető el. Néhány tipikus módszer a nagynyomású csavarás [5–8], a könyöksajtolás [9–14], a ciklikus zárt szerszámú kovácsolás [15] és a többtengelyű kovácsolás [16–18]. Laboratóriumi vizsgálatokra az említettek közül a többtengelyű kovácsolás (TK) a legalkalmasabb. A TK az esetek többségében nem igényel speciális szerszámokat, könnyen telepíthető, a munkadarab mérete pedig elérheti a 100 mm-t [22–25].

A többtengelyű kovácsolás fizikai megvalósításához a Gleeble 3800 termofizikai szimulátor MaxStrain egységét használtuk. E berendezés segítségével a kovácsolás paramétereit, így a kovácsolási erőt, a szerszám mozgása és a hőmérséklet nagy pontossággal szabályozható.

A fizikai megvalósítást egy virtuális szimuláció kísérte. Ehhez a QForm3D 9.0.9. szoftvert alkalmaztuk egy végeelemes modell (VEM) elkészítéséhez. Ha ezeket a szimulációkat gondosan megtervezzük és a pontosságukra ügyelve végezzük el, akkor segítségünkre lehetnek az alakítás során lezajló folyamatok mélyebb megértésében. Ráadásul egy jól előkészített és megfelelően hitelesített VEM nagy pontossággal tudja szimulálni a változtatásokat, ezzel megtakarítva a fizikai kísérletek gyakran jelentős költségeit. A fizikai vizsgálatok előtt elvégzett végeelemes modellezés azonosítani tudja az esetleges anyaghibák és a tönkremenetel helyeit már a kísérlettervezés során [26–30]. Nem monoton alakváltozási folyamatok reprodukálása és ezek megbízhatóságának meghatározása céljából összevetettük a virtuális és a fizikai szimuláció során felvehető, illetve mérhető egyes karakterisztikus görbék alakját.

## 2. Kísérleti anyag és vizsgálati módszerek

### 2.1. Kísérleti anyag

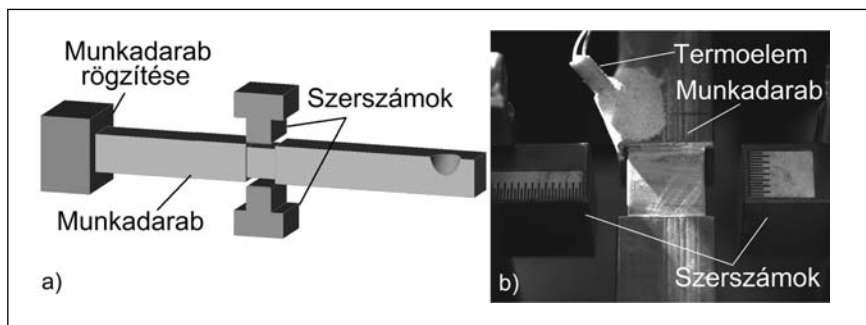
A vizsgált anyag egy EN-AW 6082 típusú alumíniumötvözet volt, melynek összetétele a szabványos határértékek közé esett (1. táblázat). A próbatestet aktív, vizsgált tartományának mérete 12 × 12 × 12 mm volt, de a szerszámgeometria miatt szükség volt egy befogószár kialakítására is (1. ábra). A munkadarab végleges hossza így 175 mm, oldalhosszúsága 15 mm-re adódott.

1. táblázat. Az EN-AW 6082 ötvözet névleges kémiai összetétele

Elem Koncentráció	Al	Mn	Si	Fe	Mg	Zn	Cu	Ni	Cr	Ti	Sn	Pb
(tömeg%)	97,229	0,502	0,978	0,252	0,780	0,055	0,089	0,005	0,044	0,045	0,001	0,020

## 2.2. Fizikai szimuláció

A többtengelyű kovácsolás fizikai megvalósításához a Gleeble szimulátor MaxStrain egységét használtuk. A TK 10 lépésből állt. A logaritmikus alakváltozás lépésenként 0,4 volt, így a kumulált egyenértékű alakváltozás mértéke körülbelül 4-re adódott. A próbatestet két végén befogófejeket alakítottunk ki, amelyek a berendezés forgatóegységéhez csatlakoztak (1a ábra). Ennek az elrendezésnek



1. ábra. A próbatestet rögzítése és a szerszám mozgása a virtuális szimuláció során (a), és a termoelem elhelyezkedése a próbatesten (b)

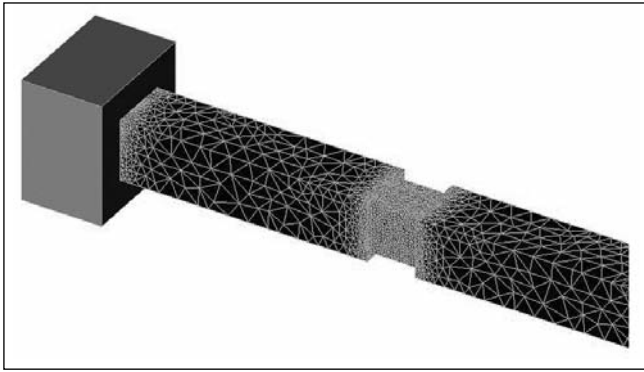
köszönhetően a próbatestet az éppen aktuális alakítási lépésnek megfelelő pozícióba volt forgatható. Minden egyes kovácsolási lépés után a próbatestet 90°-kal elforgattuk, így valósítva meg a többtengelyű kovácsolást.

A szimuláció során a Gleeble-rendszer folyamatosan rögzítette a próbatestet hőmérsékletét, az alkalmazott erőt és a szerszám mozgását. Az adatgyűjtés frekvenciája 100 Hz volt. A hőmérséklet megfelelő detektálása érdekében egy termoelemet rögzítettünk közvetlenül az alakítási zóna mellé. Az alakítás kezdetén mért hőmérsékletet tekintettük a későbbiek során a virtuális szimuláció kiindulási hőmérsékletének.

### 2.3. Végeelemes modellezés

A virtuális szimulációt a QForm3D 9.0.9. szoftver segítségével végeztük el. A szerszámok, a próbatestet és a befogás CAD-modelljeit már korábban elkészítettük. A testek hálóját a szoftver automatikusan hozta létre a korábban beállított finomság és peremfeltételek alapján. Az alkalmazott elemtípus tetraéder volt. A szimuláció során az újrarállítás automatikus és folyamatos volt, melynek során megőriztük a korábban beállított peremfeltételeket, és tovább növeltük a háló finomságát a deformált részen. A végeelemes háló oldalhosszúságait a befogásoknál, az alakított térfogaton, illetve annak közvetlen közelében 0,8 mm-ben maximáltuk. A sebesség és a pontosság viszonyának optimalizálása céljából félmodellit használtunk. A fizikai szimuláció során detektált és rögzített szerszámmozgást, kiindulási hőmérsékletet, mint peremfeltélt alkalmaztuk. A kezdeti elemszám a 87,5 mm hosszú

félmodellben 24335 volt, ami a szimuláció végére 68187-re növekedett (2. ábra).



■ 2. ábra. Kiindulási háló

A valós idő-elmozdulás diagram nagy mennyiségű holtidőt tartalmaz a szerszámok forgatások közötti mozgása miatt, ezért a számítási idő-elmozdulás görbékét úgy módosítottuk, hogy legalább egy szerszám mindig mozgásban legyen, mialatt a szerszámmozgások hossza és időtartama nem változik. Ezzel a módszerrel a szimulációs idő 1100 másodpercről 51 másodpercre csökkent.

Amint azt már korábban említettük, célunk az volt, hogy ellenőrizzük az anyagmodell megbízhatóságát, emiatt az anyagtörvényt a QForm3D adatbázisából választottuk. A modell kombinálja a rugalmas és képlékeny viselkedés elemeit, az alakváltozást pedig az alkalmazott feszültség, az alakváltozási sebesség és a próbatest hőmérsékletének figyelembevételével számítja ki.

### 3. Eredmények és értékelésük

#### 3.1. Erő-elmozdulás görbék

A mindkét módszerrel (fizikai, illetve végeeselemes) felvett szimulációs adatokat kiértékeljük, majd 10 kovácsolási lépésre bontottuk. Az erő-elmozdulás görbék a 3. ábrán láthatók. Az előzőleg meghatározott alakváltozás eléréséhez szükséges erőértékek meglepő jellegzetességet mutatnak mindkét módszer esetén. Az első kovácsolási

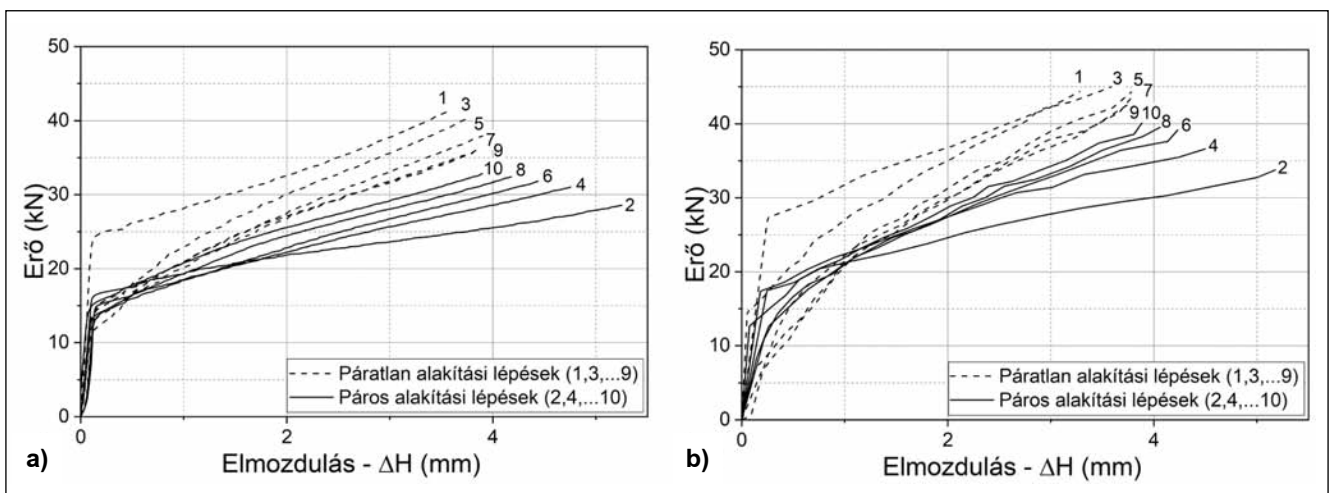
lépéshez kell a legnagyobb erőt alkalmazni, a másodikhoz a legkisebbet, ezt követően a páratlan lépések erőigénye fokozatosan csökken, míg a párosoké nő. Ahogy a kovácsolási ciklusszám előrehalad, a páros és páratlan ciklusok erőigénye egyre közelebb kerül egymáshoz.

Ezt a jelenséget korábban Bereczki és társai tanulmányozták [32, 33]. Az első kovácsolási lépés után olyan diszlokációs szerkezet alakul ki, amely akadályozná az adott irányból érkező további alakváltozást, amint ez a monoton alakításoknál jól ismert. Azonban az alakítás irányának 90°-os elfordulása olyan diszlokáció-reakciókat eredményez, melyek hatására a képlékeny alakváltozás kisebb alakítási szilárdság mellett megy végbe. Ennek eredményeként a második kovácsolási lépéshez szükséges erő jelentősen kisebb az elsőnél. Az első két kovácsolási lépés után szignifikáns szemcsefinomodás veszi kezdetét [34–37], amely a fent leírt különbséget csökkenti. Ennélfogva a diszlokációs szerkezet kevésbé hatékonyan akadályozza a páratlan számú ciklusok során fellépő alakváltozást és hatékonyabban a párosoké. Nagyszámú ciklus után a páros és páratlan ciklusokhoz tartozó görbék azonos értékhez konvergálnak. Bár a görbék jellege hasonló, a fizikai és a végeeselemes szimuláció jelentős eltérést mutat (4. ábra). A végeeselemes modell körülbelül 5 kN-nal nagyobb erőszükségletet számol, mint ami a fizikai szimuláció során realizálódik.

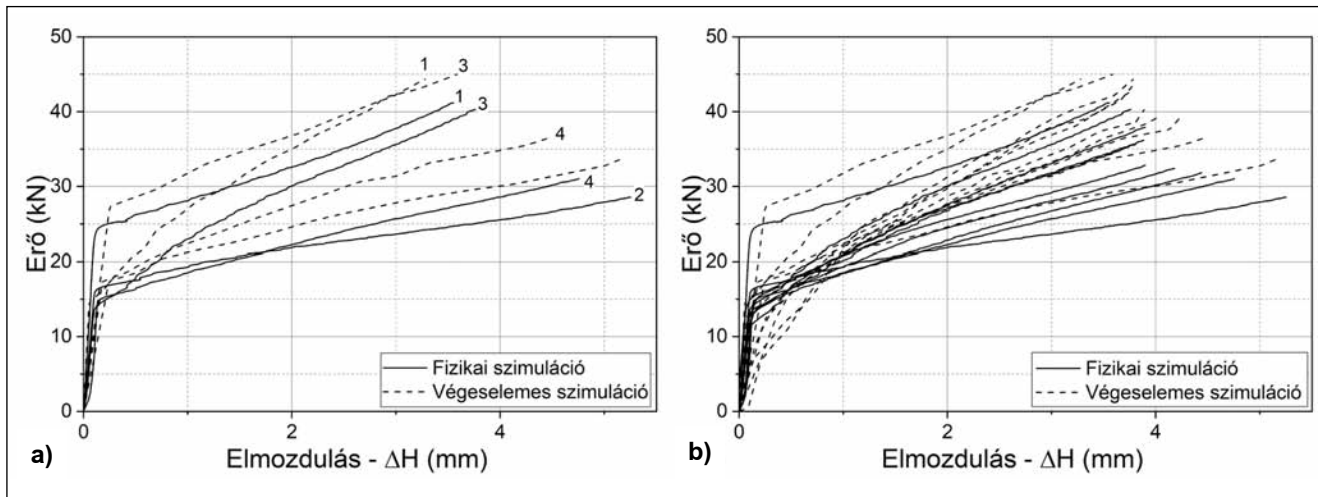
#### 3.2. A hőmérséklet hatása

Mindkét esetben folyamatosan rögzítettük a próbatest hőmérsékletének a változását. A fizikai szimulációnál ezt egy termoelemmel végeztük, míg a végeeselemes szimulációnál egy nyomkövető pontot definiáltunk azon a helyen, ahol fizikailag a termoelem elhelyezkedett (5. ábra). A végeeselemes szimuláció kezdeti hőmérsékletét 26,3 °C-nak vettük fel, mert ez volt a fizikai szimuláció során a próbatest kiindulási hőmérséklete.

A legtöbb alumíniumötvözet jó hővezető, ami a fém gyors lehűlését eredményezi az alakítást követően. A végeeselemes modellezés során a próbatest hőmérséklete gyorsabban emelkedett, mint a fizikai szimulációnál. A különbség magyarázata a két szimuláció időszükséglete



■ 3. ábra. Erő-elmozdulás diagramok a fizikai (a) és a virtuális (b) szimuláció során



■ 4. ábra. Az egyes erő-alakváltozás görbék összehasonlítása az első 4 ciklus során (a), és a teljes folyamat alatt (b)

közötti különbségben rejlik: míg a fizikai szimuláció megvalósításához 1100 másodpercre volt szükség, a vége-selemes modell ennél sokkal kevesebb idő alatt ment vég-be. Emiatt utóbbi esetben a próbatestnek kevesebb idő állt rendelkezésére a visszahülésre, ami a hőmérséklet kis mértékű emelkedéséhez vezetett. A próbatest hőmérsék-lete egyik esetben sem érte el a melegalakítás hőmérsék-letét, mindkét folyamat hidegalakításnak tekinthető.

#### 4. Összefoglalás

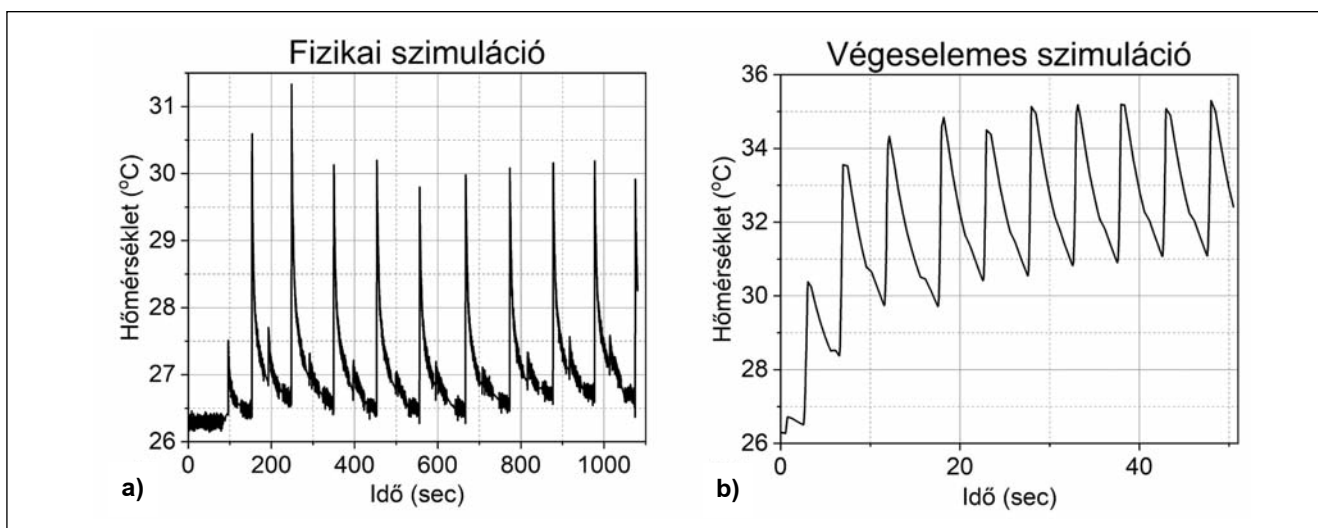
Az EN-AW 6082 alumíniumötvözet többtengelyű kovácsolásra fizikai és vége-selemes modellt készítettünk. A fizi-kai szimuláció során rögzítettük az idő, a szerszámmoz-gás, a hőmérséklet és az alkalmazott erő változását. Ezen adatok peremfeltételként történő felhasználásával, virtuális szimulációt hajtottunk végre.

A virtuális szimuláció jó közelítéssel reprodukálta a valós körülményeket. Az erő–elmozdulás görbék jellege mindkét esetben hasonló volt. Az első kovácsolási lépés-hez kellett a legnagyobb erőt alkalmazni, a másodikhoz a legkisebbet. Ezt követően a páratlan lépések erőigénye

fokozatosan csökkent, míg a párosoké nőtt. Ha feltételez-zük, hogy létezik egy, a végtelen ciklusszámhoz tartozó erő–alakváltozás görbe, akkor a harmadik ciklustól kezd-ve a páratlan számú ciklusok ezt felülről, a párosak alulról közelítik.

Bár a görbék jellegüket tekintve megegyeztek, konkrét értékeik az adott kovácsolási lépéstől és a pillanatnyi elmozdulástól függően eltérést mutattak. A vége-selemes görbénél átlagosan 5 kN-nal nagyobb értékek voltak tapasztalhatók. A különbség a vége-selemes szimuláció-hoz használt anyagmodellből fakad, amely nem volt ké-pes jelen formájában megfelelő választ adni az anyag nem monoton viselkedésére. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a modell ne lenne használható fizikai szimulációk reprodukálására. Egytengelyű terhelés esetén a modell nagy pontossággal visszaadja a valós változásokat.

Összefoglalva, a módszer alkalmas arra, hogy a több-tengelyű kovácsolás folyamatát tanulmányozzuk és meg-értsük. Ehhez azonban a meglévő anyagmodelleket pon-tosítani kell, hogy többtengelyű, ciklikus terhelésnél is megbízható eredményt adjanak.



■ 5. ábra. A próbatest hőmérsékletének változása a fizikai szimuláció (a) és a virtuális szimuláció (b) során

## Köszönetnyilvánítás

A jelen cikkben megjelenített eredményekhez az EFOP-3.6.1-16-2016-00003 „K+F+I folyamatok hosszú távú megerősítése a Dunaújvárosi Egyetemen” c. projekt által finanszírozott kutatások járultak hozzá.

## Irodalom

- [1] V. M. Segal, V. I. Reznikov, A. E. Drobyshevskij, V. I. Kopylov, Russian Metallurgy, 1, (1981) 115.
- [2] V. M. Segal, Mater. Sci. Eng. A197 (1995) 157–164.
- [3] A. Azushima, R. Kopp, A. Korhonen et al. CIRP Annals – Manufacturing Technology 57 (2008) 716–735.
- [4] R. Z. Valiev, O. A. Kaibyshev, R. I. Kuznetsov, R. Sh. Musalimov, N. K. Tsenev, Dokl Akad Nauk SSSR 301 (1988) 864.
- [5] A. P. Zhilyaev, T. G. Langdon, Prog. in Mater. Sci., 53. (2008) 893–979.
- [6] Y. Todaka, M. Umemoto, A. Yamazaki et al., Mater. Transactions, 49(1). 1 (2008) 47–53.
- [7] A. Korbel, M. Richert, J. Richert, In: Proc. 2nd Riso Int. Symp. on Metall. and Mater. Sci., Roskilde, (1981) 445–450.
- [8] Y. Harai, Y. Ito, Z. Horita, Scripta Mater. 58. (2008) 469–482.
- [9] A. A. Popov, I. Y. Pyshmintsev, S. I. Demakov, A. G. Illarionov, T. C. Lowe, R. Z. Valiev, Scr. Mater. 37 (1997) 1089–1094.
- [10] R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I. V. Alexandrov, Progress in Mater. Sci. 45 (2000) 103–189.
- [11] R. Z. Valiev, T. G. Langdon, Prog. in Mater. Sci. 51 (2006) 881–981.
- [12] G. J. Raab, R. Z. Valiev, T. C. Lowe, Y. T. Zhu, Mater. Sci. and Eng. A, 382(1–2) (2006) 30–34.
- [13] A. V. Nagasekhar, U. Chakkingal, P. Venugopal, J. of Mater. Proc. Techn., 173. (2006) 53–60.
- [14] Ma. Aibin, N. Yoshinori, S. Kazutaka, S. Ichinori, S. Naobumi, Scripta Mater., 52(6). (2005) 433–437.
- [15] D. Magalhães, A. Pratti, A. Kliauga, J. Rubert, M. Ferrante, V. Sordí, J. of Mater. Res. and Techn. 8(1) (2018) 333–343.
- [16] A. Rezaee-Bazzaz, S. Ahmadian, Mater. and Design, 34. (2012) 230–234.
- [17] R. M. Kuziak, W. Zalecki, M. Pietrzyk, S. Weglarczyk, Bulk and Graded Nanometals, 101–102. (2005) 43–48.
- [18] S. G. Chowdhury, A. Mondal, J. Gubicza, G. Krállics, A. Fodor, Mater. Sci. and Eng. A, 490.(1-2) (2008) 335–342.
- [17] Y. Saito, N. Tsui, H. Utsunomia, T. Sakai, R.G. Hong, Scripta Mater., 39(9). (1998) 1221–1227.
- [18] H. Utsunomiya, K. Hatsuda, T. Sakai, Y. Saito, Mater. Sci. and Eng. A, 372. (2004) 199–206.
- [19] J. Y. Huang, T. Z. Yuntian, D. J. Alexander, T. C. Lowe, R. J. Asaro, Mater. Sci. & Eng. A, 371(1-2). (2004) 35–39.
- [20] A. Krishnaiah, U. Chakkingal, P. Venugopal, Scripta Mater., 52. (2005) 1229–1233.
- [21] G. Krállics, A. Fodor, A. Avena, Ultraf. Grained Mater.: 5th Symp. on Ultraf. Grained Mater., Warrendale (2006). 395–400.
- [22] P. J. Szabó, Bereczki, B. Verő, Period. Polytechn. Mech. Eng. 55(1) (2011) 63–66.
- [23] T. S. B. Naser, G. Krállics, Mater. Sci. Forum 729 (2012) 464–469.
- [24] M. Tikhonova, V. Dudko, A. Belyakov, R. Kaibyshev, Mater. Sci. Forum 667–669 (2010) 565–570.
- [25] S. Ringeval, J. H. Driver, Mater. Sci. Forum 519–521 (2006) 979–984.
- [26] J. Li, F. Wu, International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA), Changsha (2017) 355–357.
- [27] C. M. O. L. Roque, S. T. Button, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences 22(2) (2000) 189–202.
- [28] J. B. Renkó, D. Kemény, J. Nyirő, D. Kovács, Mater. Today: Proc. 12 (2019) 462–469.
- [29] S. Wangchaichune, S. Suranuntchai, Appl. Mech. and Mater. 875 (2018) 30–35.
- [30] B.-A. Behrens, Cirp Annals-manufacturing Technology 57 (2008) 305–308.
- [31] G. A. Smirnov-Aljajev, Masinostroenije, SSSR, Leningrad (1978) 463
- [32] P. Bereczki, V. Szombathelyi, G. Krállics, International Journal of Mechanical Sciences 84 (2014) 182–188.
- [33] P. Bereczki, G. Krállics, J. B. Renkó, Proc. Manuf. 37 (2019) 253–260.
- [34] Y. Estrin, A. Vinogradov, Acta Mater. 61(3) (2013) 782–817.
- [35] A. Rosochowski, L. Olejnik, Microstr. Evol. in Metal Forming Proc. (2012) 114–141.
- [36] J. Kratochvíl, et. al., Mater. Sci. Forum 667–669. (2010) 617–622.[37]
- [37] T. C. Lowe, R. Z. Valiev, JOM 56 (2004) 64–68.

## FROM THE CONTENT

(Continued from page B2)

### Nagy Erzsébet – Kristály Ferenc – Barkóczy Péter – Mertinger Valéria: Application of Rietveld refinement on orientated metal structures ... 42

The phases formed during crystallization or transformed during cooling often create a complex structure which shows anisotropic character. In the cast structure, an oriented grain structure is formed as a result of heat removal, while in the case of uniaxial or multiaxial deformations (rolling or drawing) a main orientation corresponding to the direction of deformation is created in the material. In the case of an oriented block sample, during phase analysis by XRD the oriented structure influences the intensity received from the measured phases, even reflections may be omitted from the diffractogram

due to the orientation. If the value of the diffracted intensity received from a phase changes, the value of the phase quantity also changes, it differs from the real value. A realistic structure can be described more exactly by using the Rietveld refinement method. In case of the phase analysis performed by the Rietveld refinement method, it is possible to take into consideration and to correct both the preferred orientation and the strain accumulated in the lattice. Each phase is fitted individually and the unique preferred orientation characterizing the phase and the lattice strain are corrected during this process. In our experiments in the complex microstructures formed in CuZn alloy we followed the relationship between the preferred orientation and the amount of phase by Rietveld refinement method.