

kompozitok fajlagosan jobb tulajdonságokat mutatnak, mint a tömbi mátrixanyag.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A szerző köszöni *Bozóki Benjámin*nek a kísérletekben nyújtott segítségét.

Irodalom

- [1] *Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I. N.*: Magnézium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (1. rész), BKL Kohászat (2005/5) 138. évf. 35–40.
- [2] *Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I. N.*: Magnézium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (2. rész), BKL Kohászat (2005/6) 138. évf. 33–40.
- [3] *Németh Á. – Orbulov I. N.*: Fémhabok, porózus fémanyagok előállítása és tulajdonságai. *Anyagvizsgálók Lapja* (2006) 16(2):58–66.
- [4] *Orbulov I. N. – Kientzl I. – Németh Á.*: Fémhabok és kompozitok előállítása nyomásos infiltrációs eljá-
- [5] *Kun P. – Orbulov I. N.*: AlCu5 és AlMgSi1 mátrixú szintaktikus fémhabok előállítása és vizsgálata. BKL Kohászat (2011/3) 144. évf. 51–55.
- [6] *Orbulov I. N.*: Szintaktikus fémhabok mikroszerkezeti vizsgálata. *Gép* (2011) 61(11):4–8.
- [7] *Májlinger K. – Orbulov I. N.*: Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői. BKL Kohászat (2014/1) 147. évf. 29–34.
- [8] *Kozma I. – Dorogi G. – Papp Sz.*: Kerámia gömbhéjakkal erősített fémhab kompozitok szerkezetének CT alapú rekonstrukciója. *Anyagok Világa (Materials World)* (2014) 1:60–72.
- [9] *Keresztes, R. – Kalácska, G.*: Research of machining forces and technological features of cast PA6, POM C and UHMW-PE HD 1000, *Sustainable Construction & Design* (2010) 1:136–144.
- [10] *Keresztes, R. – Kalácska, G. – Zsidai, L. – Eberst, O.*: Abrasive wear of polymer based agricultural machine elements in different soil-types, *Sereal Research Communications*. (2008) 36:903–906.
- [11] *Samyn, P. – Kalácska, G. – Keresztes, R. – Zsidai, L. – De Baets, P.*: Design of a tribotester for evaluation of polymer components under static and dynamic sliding conditions, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J Journal of Engineering tribology* (2007) 221 (J6): 661–674.
- [12] *Zsidai, L. – De Baets, P. – Samyn, P. – Kalácska, G. – Van Petegriem, A. P. – Van Parys, F.*: The tribological behaviour of engineering plastics during sliding friction investigated with small-scale specimens. *Wear* (2002) 253:673–688.
- [13] *Zsidai, L. – Samyn, P. – Vercammen, K. – Van Acker, K. – Kozma, M. – Kalácska, G. – De Baets, P.*: Friction and thermal effects of engineering plastics sliding against steel and DLN-coated counterfaces. *Tribology Letters* (2004) 17/2:269–288.
- [14] *Ramachandra, M. – Radhakrishna, K.*: Synthesis-microstructure-mechanical properties-wear and corrosion behavior of an Al-Si (12%)-flyash metal matrix composite. *Journal of Materials Science* (2005) 40:5989–5997.
- [15] *Ramachandra, M. – Radhakrishna, K.*: Effect of reinforcement of fly ash on sliding wear, slurry erosive wear and corrosive behavior of aluminum matrix composite. *Wear* (2007) 262:1450–1462.
- [16] *Rohatgi, P. K. – Guo, R. Q.*: Mechanism of abrasive wear of Al-Si hypoeutectic alloy containing 5 vol% flyash. *Tribology Letters* (1997) 3:339–347.
- [17] *Mondal, D. P. – Das, S. – Jha, N.*: Dry sliding wear behaviour of aluminum syntactic foam, *Materials and Design*, (2009) 30:2563–2568.
- [18] *Jha, N. – Badkul, A. – Mondal, D. P. – Das, S. – Singh, M.*: Sliding wear behaviour of aluminum syntactic foam: A comparison with Al–10 wt% SiC composites, *Tribology International* (2011) 44:220–231

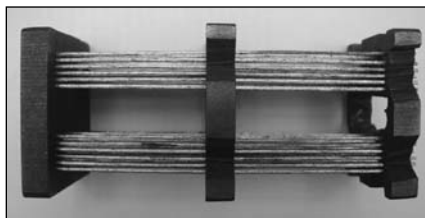
CSIZMAZIA JÁNOS – FEKETE BALÁZS – ORBULOV IMRE NORBERT

Dupla kompozitok gyártása, valamint mikroszerkezeti és mechanikai tulajdonságai

Cikkünkben olyan fémmátrixú kompozitokkal foglalkozunk, amelyek két különböző kompozit (egy kompozit huzal és egy szintaktikus fémhab) egyesítésével jönnek létre. Mivel a huzal már önmagában is kompozit, a kompozit tömbökre dupla kompozitokként hivatkozunk. Munkánk során sikeresen állítottunk elő dupla kompozitokat gáznomásos infiltrálással. Az előállított dupla kompozitokat mikroszerkezeti és mechanikai vizsgálatoknak vetettük alá. A mikroszerkezeti vizsgálataink során elsősorban az infiltráció szintjét és a határretegek minőségét követtük nyomon. A kész dupla kompozit alapanyagából készítettünk referenciadarabokat is, amelyekhez viszonyítottuk a különböző erősítési struktúrájú dupla kompozitok mechanikai vizsgálatainak eredményeit. Az eredmények azt mutatták, hogy bár abszolút tekintetben a tömör referenciadarab mutatói jobbák, tömegre fajlagosítva a dupla kompozitok eredményei biztatóak.

Csizmazia János és Fekete Balázs 2014-ben védte meg MSc-diplomáját a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékén. Diplomamunkájában Csizmazia János a szintaktikus fémhabok fárasztóvizsgálatával, Fekete Balázs pedig a szintaktikus fémhabok modellezési lehetőségeivel foglalkozott.

Orbulov Imre Norbert szakmai életrajzát 2014/1. számunkban közzéltük.

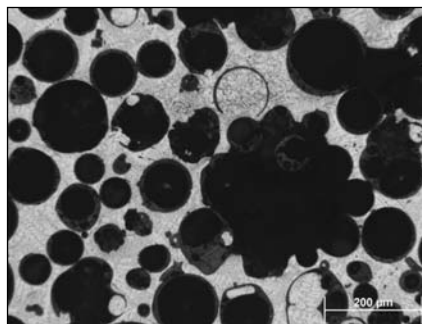


■ 4. ábra. Az öntés előtti előgyártmány

azonban csak 1 bar nyomáskülönbséget tudunk előállítani, ami a legtöbb esetben nem elegendő [8]. További lehetőség a gáznyomásos infiltrálás, amivel nagy nyomást létre lehet hozni, és laborkörülmények között gyakran alkalmazott eljárás fémmatrixú kompozit tömbök előállításához. Megjegyzendő, hogy a fent említett módszerek szakaszos eljárások, és csak az extrudálás és a gáznyomásos infiltráció speciális változata, a Blücher-féle folyamatos infiltrálás alkalmas folyamatos gyártásra és hosszú, rúd vagy huzal jellegű darabok előállítására (például kompozit huzalok). A gáznyomásos infiltrálás lényege az, hogy a fémömladék fölött nagyobb nyomást hoznak létre inert gáz (jellemzően argon vagy nitrogén) segítségével, mint az ömladék alatt (ahol jellemzően az erősítőanyag található, hogy a gravitáció is segítse az öntést). Az így létrejövő nyomáskülönbség juttatja az olvadt fémet az erősítőanyag közé. Munkánkban mátrixként egy másik fajta kompozit (szintaktikus fémhab) szolgált. Gyártásának egyik módja hasonló a dupla kompozit gáznyomásos infiltrációs gyártásához, így megoldható ezek társítása. A fémhabok jellemzői a jó fajlagos mechanikai értékek (szilárdság, merevség), amelyek megfelelő gyártás mellett izotrópok. A szintaktikus fémhabok alapvető építőkövei a (mikro)gömbhéjak és a fémmatrix [10]. A gömbhéjak készülhetnek kerámiából, illetve fémből [11], a fémmatrix az esetek túlnyomó többségében alumíniumötvözet. Kedvező mechanikai tulajdonságaik mellett sűrűlási tulajdonságaik is figyelemre méltóak [12, 13].

2. Anyagok és eljárások

Munkánk során gáznyomásos infiltráló berendezéssel dolgoztunk, ami a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszékén található,

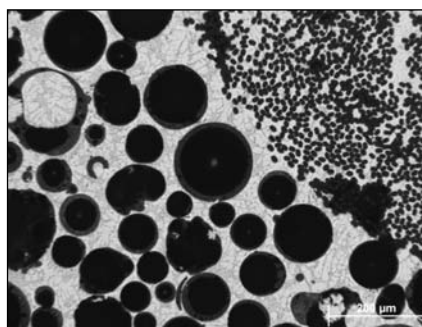


■ 5. ábra. A fémhabok tipikus hibái

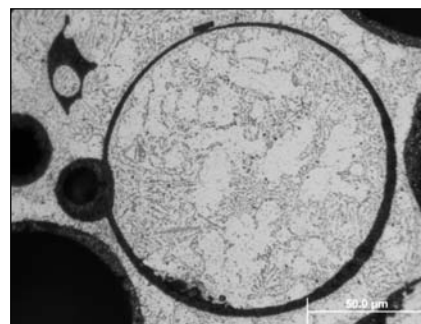
Blücher József professzor jóvoltából. A gáznyomásos infiltrálás részletei a 2. ábrán láthatók.

A gyártáshoz erősítőanyagként 2 mm átmérőjű kompozit huzalokat használtunk. Ezek a kompozit huzalok Al_2O_3 -szálerősítésűek voltak, Al99,5 mátrixszal, szakítószilárdságuk $729,1 \pm 30,69$ MPa [8]. A dupla kompozit tömbökhöz felhasznált másik erősítőanyag SLG típusú gömbhéjalmaz volt (Envirospheres Pty. Ltd. [14]), amelyek Al_2O_3 -ból (33 t%), mullitból (19 t%) és SiO_2 -ből (48 t%) készültek, átlagos átmérőjük 130 μm . Mátrixanyagként AISi12 alumíniumötvözetet alkalmaztunk. A referenciadarabok a dupla kompozit tömbökhöz hasonló geometriájúak voltak, anyaguk pedig megegyezett azok mátrixával, tehát AISi12 ötvözet volt. Az előállított darabok keresztmetszetének geometriája a 3. ábrán látható.

Az erősítőanyag elrendezésében eltérő tömbökkel kísérleteztünk, vizsgálva az erősítés mértéke, elrendezése és a mechanikai tulajdonságok közötti összefüggést. Ezeket a sablonokat 10 mm vastag grafitlemezekből alakítottuk ki, amikből keretet készítettünk. A keretet egy, az alumíniuménál jóval nagyobb olvadáspontú acél öntőformába helyeztük. Az öntés befejeztével és a darabok lehűtésével



■ 6. ábra. A kompozit huzal és a fémhab határfelülete

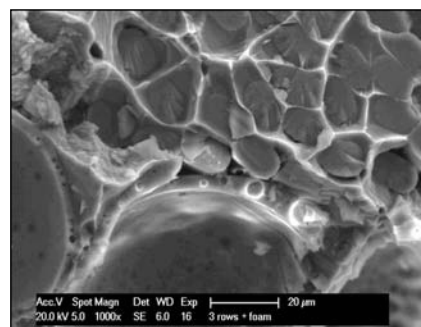


az öntőformát eltávolítottuk, és a 4. ábra szerinti elrendezés alapján 8 próbatestet készítettünk, melyek közül 2-2 rendelkezett ugyanolyan erősítőanyag-struktúrával.

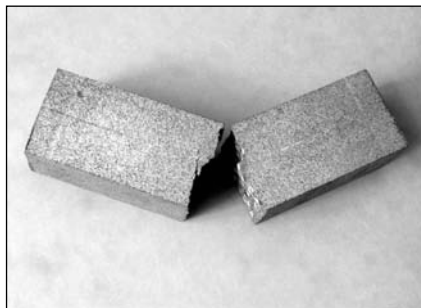
3. Eredmények és kiértékelésük

A gyártás utáni első lépésben a próbatesteken metallográfiai vizsgálatokat végeztünk fémmikroszkóppal (Olympus PMG3), illetve a töreket is vizsgáltuk pásztázó elektronmikroszkóppal (Philips XL-30). A következőkben bemutatunk néhány reprezentatív képet a dupla kompozitokról. Először csiszolatokat, amelyeket fémmikroszkóppal vizsgáltunk, majd a töreket, amelyeket SEM-mel.

Az 5. ábrán láthatóak az elégtelen, illetve túlzottan nagy infiltrálási nyomásból származtatható hibák. A bal oldali ábrán nem volt elegendően nagy a nyomás, így néhány gömbhéj között üreges térrész maradt a fém mátrixban. A jobb oldali ábrán pedig ennek ellenkezője fordult elő, a túl nagy nyomás és a feltételezhetően már eleve sérült gömbhéj belsejébe folyt be a mátrixfém. Mivel ez a két felvétel egyetlen mintán belül készült, megállapítható, hogy az infiltrációs nyomásnak a mintán belül is szórása lehet, valamint a gömbhéjak elhelyez-



■ 7. ábra. A kompozit huzal és a fémhab határfelülete SEM-felvételen



■ 8. ábra. Egy referenciadarab és egy dupla kompozit darab tönkremenetelének különbsége

kedése sem teljesen szabályos. Az általunk készített mintákban összességében kevés ilyen hiba volt, nagyon nagy százalékban kielégítő volt a kompozit infiltráltsága és minősége.

A 6. ábra szemlélteti a dupla kompozitok egyik kritikus pontját, a kompozit huzal és a fémhab határfelületét. Az ábra jobb felső sarkában egy kompozit huzal látszik, benne az erősítőszálakkal. A huzal-hab határfelület helyenként átmenet nélküli, sőt a képen az is látszik, hogy olyan szemcseszerkezet jött létre, ami egységes a huzalon belül és azon kívül is, ami kiváló kapcsolatot feltételez. Vannak azonban olyan helyek is, ahol gömbhéj került közvetlenül a huzal mellé, itt a határfelület lényegesen rosszabb minőségű, ezek a hibák esetiek voltak.

A SEM-felvételen (7. ábra) is jól kivehető a határfelület menti minőségkülönbség. A gömbhéj és a huzal érintkezésénél üregek figyelhetők meg, viszont a fém (szívós töret) – erősítőszál (ovális, rideg töretfelülettel) kapcsolat nagyon jó minőségű. A felvételen továbbá látható az erősítőszálak teljesen rideg törete, és a mátrix tönkremenetelét megelőző nagymértékű képlékeny alakváltozás is kivehető. Az is látható, hogy a gömbhéj maga is rendkívül ridegen tört,

hiszen hasonló anyagból (oxidkerámiák) készült, mint az erősítőszál.

A mikroszerkezeti vizsgálatok után a kompozit próbatestek hajlításával vizsgáltuk a mechanikai tulajdonságokat egy MTS810 típusú, hidraulikus univerzális anyagvizsgáló gépen, melynek méréshatára 250 kN, a hajlítási sebesség 5 mm/min, a támaszköz pedig 60 mm volt. A 8. ábra két, hajlított próbatestet mutat be. A bal oldali ábrán a mátrixanyagból készült referencia próbatest, a jobb oldali ábrán egy dupla kompozit próbatest látható.

A 8. ábrán jól látszik a tönkremeneteli módok közötti különbség. Míg a tömör referenciadarab deformációja a tönkremenetel előtt jelentős volt, a dupla kompozit próbatest gyakorlatilag ridegen tört. A mechanikai vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat foglalja össze.

Az 1. táblázat azt mutatja, hogy abszolút (nem fajlagosított értelemben) a referenciadarab tönkrementele nagyobb erő hatására ment végbe, mint a dupla kompozit próbatesteké. Sűrűsége fajlagosítva azonban a kompozit próbatestek tönkremeneteli erőben megközelítik, sőt meg is haladják a tömör referenciadarabot. Ezenkívül az is megállapítható, hogy a kompozit próbatestek csak

nem fele akkora sűrűségűek, mint az AISi12 próbatest. A hajlítózilárdság meghatározható a következő összefüggés felhasználásával:

$$R_y = \frac{3FL}{2bh^2}$$

ahol F a hajlítóerő, L a támaszköz ($L=60$ mm), b a próbatest szélessége (a nyomóerőhöz képest merőleges mérete, $b=20$ mm), h a próbatest vastagsága (a nyomóerőhöz képest párhuzamos mérete, $h=20$ mm). A geometria (b , h és L méret) ismeretében képezhető egy konstans, mellyel megszorozva az F erőt a hajlítózilárdságot kapjuk. Ez a konstans az adott geometria esetén:

$$c = \frac{3L}{2bh^2} = \frac{3L}{2b^3} = \frac{3 \cdot 60}{2 \cdot 20^3} = 0,01125 \text{ mm}^{-2}$$

Igy a hajlítózilárdság összefüggése:

$$R_y = cF$$

ahol az F erőt az előző táblázatban megadott F_{max} átlaggal azonosítjuk. Az eredményeket és sűrűsége fajlagosított értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

Ez a számítás a minták egymással való összehasonlításában nem ad plusz támpontot, de az abszolút tulajdonságaikat jobban tükrözi, a gyakorlatba könnyebben belehelyezhető. Az eredményeket a könnyebb értelmezhetőség végett diagram formájában is bemutatjuk a 9. ábrán.

A 9. ábra adataiból leolvasható, hogy megfelelő elhelyezés esetén már egy egyszerű egysoros erősítéssel is el lehet érni a tömör alapanyag fajlagos hajlítózilárdságát. Ugyancsak megfigyelhető, hogy a szintaktikus fémhabok fajlagos hajlítózilárdsága a tömör darabokénál kisebb, ami arra utal, hogy a szintaktikus fémhabok a húzó jellegű igénybevételeket csak nagyon rossz hatásokkal képesek elviselni. A diagram jobb oldalán látható oszlopok azt igazolják, hogy a további, jóval nagyobb mértékű erősítés (két, illetve három sor) hozzájárulása a fajlagos hajlítózilárdsághoz minimális, mivel az erősítő huzalokat nem lehet a semleges száltól megfelelő (minél nagyobb) távolságban elhelyezni.

1. táblázat. A hajlítóvizsgálat eredményei

Elrendezés*	Maximális erő F_{max} (N)	Sűrűség ρ (gcm ⁻³)	Fajlagos maximális erő F_{max}/ρ (Ncm ³ g ⁻¹)
AISi12	13767±815,7	2,70	5099±302,1
Fémhab**	3565±872,7	1,45	2459±601,9
2x1-soros-3	5894±676,3	1,50	3929±450,8
2x1-soros-6	7668±1538,8	1,50	5112±1025,8
2x2-soros	7555±143,2	1,50	5037±95,4
2x3-soros	8232±1075,9	1,50	5488±717,3

* A 3. ábráról leolvasható az erősítőanyag keresztmetszetbeli elhelyezkedése.

** A Fémhab sor a tisztán gömbhéjakkal erősített, kompozit huzalokat nem tartalmazó kompozitot (szintaktikus fémhabot) jelöli.

4. Következtetések

A fent ismertetett kísérletekből és vizsgálatokból az alábbi következtetéseket lehet levonni.

- A gáznomásos infiltrálás alkalmas gömbhéj- és kompozithuzal erősítésű dupla kompozitok gyártására.

- Már egysoros, a semleges száltól távol, a húzott zónába eső erősítés segítségével előállítható olyan dupla kompozit, ami a tömör alapanyag fajlagos hajlítószilárdságával rendelkezik.

- A fémmikroszkópos és elektronmikroszkópos felvételek igazolják, hogy a gáznomásos infiltrálással megfelelő infiltrálási fok érhető el. Az infiltrálási nyomás beállításánál tekintettel kell lenni a kompozit huzalok és a szintaktikus fémhab határfelületére, ahol nagyobb valószínűséggel fordulhat elő elégtelenül infiltrált terület.

Az eredmények alapján a különböző struktúrával rendelkező, dupla kompozit szerkezetek kiváló lehetőséget nyújtanak arra, hogy megfelelően tervezett elrendezéssel kis öntömegű, nagy teljesítményű anyagként kerüljenek felhasználásra.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás és a cikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalom

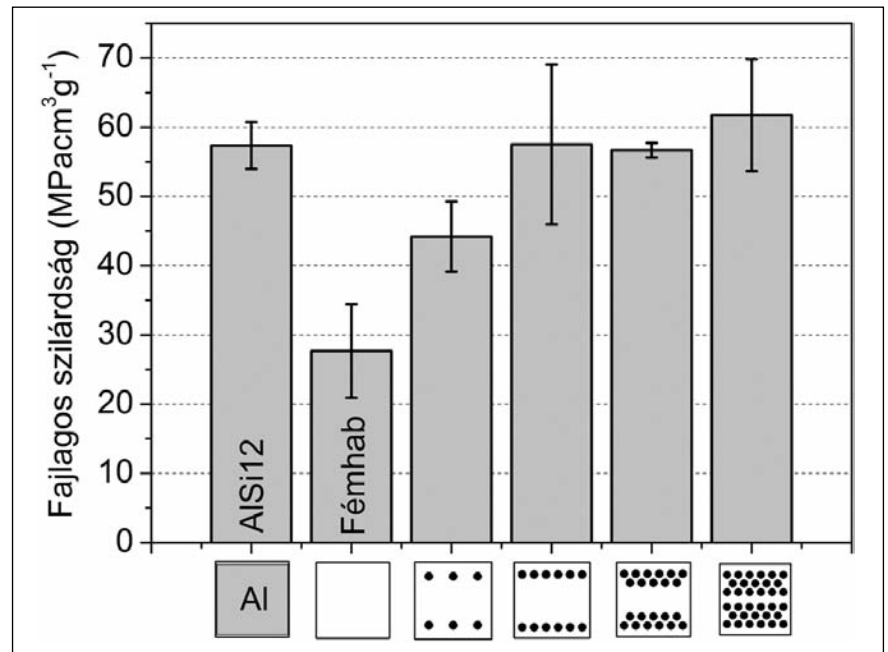
- [1] Weidenmann, K. A. – Klaska, A. M. – Kerscher, E. – Löhe, D.: Microstructure of hybrid composite extrusions with aluminium-based matrices. *Praktische Metallographie* 45 (2008) 533–545.
- [2] Blucher, J. T. – Katsumata, M. – Narusawa, U. – Ozer, I.: Continuous manufacturing of fiber-reinforced metal matrix composite wires – technology and product characteristics. *Composites Part A-Applied Science and Manufacturing* 32 (2001) 1759–1766.
- [3] Prohászka János: A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai. Műegyetemi Kiadó, Budapest (2001)
- [4] Kong, C. Y. – Soar, R. C. –

2. táblázat. A minták hajlítószilárdsága és fajlagosított hajlítószilárdsága

Elrendezés*	Hajlítószilárdság R_{ff} (MPa)	Fajlagos hajlítószilárdság R_{ff}/ρ (MPacm ³ g ⁻¹)
AlSi12	154,9±9,18	57,4±3,40
Fémhab**	40,1±9,82	27,7±6,77
1-soros-3	66,3±7,61	44,2±5,07
1-soros-6	86,3±17,31	57,5±11,54
2-soros	85,0±1,61	56,7±1,07
3-soros	92,6±12,1	61,7±8,07

* A 3. ábráról leolvasható az erősítőanyag keresztmetszetszelbeli elhelyezkedése.

** A Fémhab sor a tisztán gömbhéjakkal erősített, kompozit huzalokat nem tartalmazó kompozitot (szintaktikus fémhabot) jelöli.



■ 9. ábra. A fajlagos hajlítószilárdságok összevetése

- [5] Dickens, P. M.: Ultrasonic consolidation for embedding SMA fibres within aluminium matrices. *Composite Structures* 66 (2004) 421–427.
- [6] Chen, H. – Zhong, Y. – Hu, W. – Gottstein, G.: A diffusion bonding model for the consolidation process of matrix-coated fiber-reinforced composites. *Materials Science and Engineering A – Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 452 (2007) 625–632.
- [7] Harrigan, W. C.: Commercial processing of metal matrix composites. *Materials Science and Engineering A - Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 244 (1998) 75–79.
- [8] Klaus, A. – Schomacker, M. – Kleiner, M.: First advances in

- the manufacture of composite extrusions for lightweight constructions. *Light Metal Age* 62 (2004) 12–18.
- [9] Kientzl I.: Alumínium mátrixú kompozithuzalok és kettőskompozit szerkezetek. PhD-értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék (2010)
- [10] Blücher J. T. – Dobránszky J.: Kompozithuzallal erősített alumínium duplakompozit szerkezetek. *BKL Kohászat* 136 (2003) 213–217.
- [11] Orbulov I.: Szintaktikus fémhabok. PhD-értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék (2009)

- [11] *Bálint A. – Májlinger K. – Szlancsik A.*: Fém gömbhéj erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai, BKL Kohászat 147 (2014/3.) 39–44.
- [12] Májlinger K.: Hibrid szintaktikus fémhabok kopási tulajdonságai BKL Kohászat. (2015/1), 33–37. old.
- [13] *Bozóki B. – Májlinger K.*: Alumínium mátrixú hibrid kompozitok kopási tulajdonságainak vizsgálata, In: OGÉT 2014-XXII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Nagyszeben, Románia, 2014. 04. 24-2014. 04. 27. pp. 62–65.
- [14] EnviroSpheres Pty. Ltd. webcím..., legutóbbi sikeres elérés: 2014. október 18.



„Fenntartható energiaellátást és -felhasználást támogató piacorientált kutatás-fejlesztés az InnoEnergy KIC (Knowledge Innovation Center) keretében” című projekt

A Bay Zoltán Nonprofit Kft. **197.896.000 Ft** támogatást nyert az EITKIC_12 „Az EIT KIC társulásokban való magyar részvétel és partneri közreműködés támogatása” című pályázaton. A támogatott projekt címe: „Fenntartható energiaellátást és -felhasználást támogató piacorientált kutatás-fejlesztés az InnoEnergy KIC (Knowledge Innovation Center) keretében”.

A projekt átfogó célja olyan K+F tevékenységek megvalósítása, amelyek elsősorban az energiatermelés környezetterhelésének csökkentését, az energiafelhasználás hatékonyságának és biztonságának fokozását segítik elő. A projektben további célul tűztük ki azt is, hogy segítsük a jövőben újabb magyar partnerek bekapcsolódását az InnoEnergy KIC tevékenységébe, amihez szintén szükséges a KIC mindennapi tevékenységében való minél aktívabb részvétel.

Az ernyőprojekten belül hét, jól elkülöníthető, az energia hatékony és fenntartható felhasználására irányuló kutatás-fejlesztési projekt megvalósítása történik:

1. Virtuális érzékelésen alapuló szimulációs erőművi tréning platform fejlesztése
2. Biomassza előállítás célzó alganevelési rendszer fejlesztése
3. Mikrobiális Üzemyagcella (MÜC) rendszerek fejlesztése
4. Biomassza tüzelőanyag ellátás logisztikai rendszerének fejlesztése
5. Napelem gyártáshoz használható Si új, gazdaságos gyártási technológiájának kidolgozása
6. Különböző, karbontartalmú só-mátrixú rendszerek kifejlesztése és azok hőtechnikai vizsgálata
7. Mobil mérő- és elemző rendszer fejlesztése smart grid-ekhez kapcsolódó ipari és lakossági rendszerek energetikai optimalizálásához

Projektünk 2013. 06. 01-jével kezdődött és 2015. 11. 30-ával záródik.

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
Cím: H-1116 Budapest, Fehérvári u. 130.
www.bayzoltan.hu



A projektek a Magyar Kormány támogatásával, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával valósulnak meg