

A Blücher-kemencék jelentősége a fémmátrixú összetett anyagok kutatásában

Dobránszky János

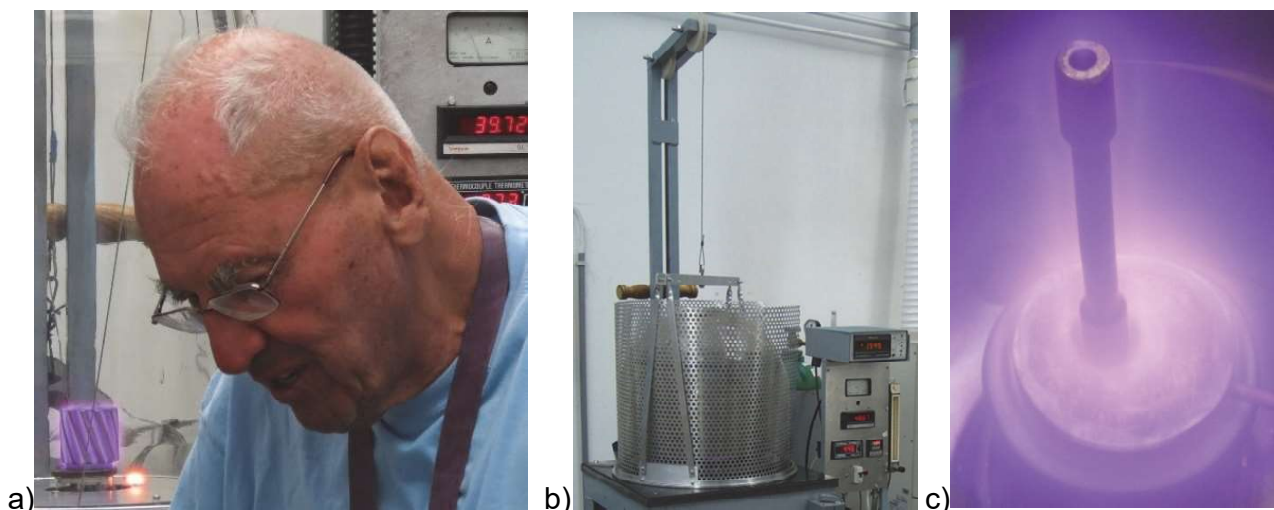
Tudományos tanácsadó, ELKH-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport.

e-mail: Dobranszky.Janos@eik.bme.hu, telefon: +36 1 463 1934

A hazai szakirodalomban – a MATARKA szerint [1] – a „kemence” szó éppen 122 éve jelent meg [2]. Ezután a „hőkezelés” szavunkra 50 évet kellett várni [3]. Ez nem kevés, de azért közben még forgalomban volt a „melegkezelés”, amelynek első említésére még Trianont valami kicsivel megelőzően került sor [4]. Az „összetett anyagok” első említésével 1973-ban találkozhattak a szakemberek [5]. Nem sokáig tartotta magát ez szép, magyar szakkifejezés; jött a ma már mindennapos, angolos hidegvérrel végzett lefejezés [6], s bár még tett egy kísérletet a magyar szaknyelv a „kombinált anyaggal” [7], a „kompozit” alighanem véglegesen elfoglalta a trónt [8, 9, 10]. A [9] sorszámú cikk szerzői között találjuk *Brenner Andrást* – aki a magyar hegesztési szakma egyik kiemelkedő alakja, az anyalföldi hajógyár hegesztési főmérnöke volt –, a bostoni Massachusetts Institute of Technology-nak (az MIT-nek) a hegesztésmetallurgiában világhírnevet szerzett, ma is aktív professzorát, *Thomas Eagert*, valamint az e dolgozat címében szereplő kemencék névadóját, *Blücher Józsefet*.

Blücher József 1953-ban szerzett gépészmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának gépjármű tagozatán. 1956 novemberéig a *Gillemot László* által vezetett Mechanikai Technológiai Intézetben dolgozott. Az 1956-os forradalom leverése után emigrált, két évig Párizsban tanult és dolgozott, majd Bostonba került az MIT-ra. Ennek elvégzése után itt szerzett doktori fokozatot, és közben olyan új kutatási területek felélesztésében játszott fontos szerepet, mint a nagy hőmérsékleten üzemelő szerkezeti anyagok kifáradási és kúszási élettartamának növelése, az ionnitridálás, a szerszámacélok elektronnyalábos felületi edzése, az izosztikus melegsajtolás (angolul: HIP) és végül az alumíniummátrixú összetett anyagok fejlesztése. Mindegyik területen alapvető megközelítési mód volt a gyakorlati alkalmazás céljával folyó kutatómunka, amit eleve garantált az az „apróság”, hogy a kutatásokat az USA nagyvállalatai rendelték meg.

Az összetett anyagok kutatásában kicsúcsosodó Blücher-életmű kemenceépítési vonulatának megalapozását az MIT-n és a vele szomszédos Northeastern University-n (NEU) is a műanyagfröccsöntő gépek csigáinak élettartamát többszörösére növelő ionnitridálás kutatása [11, 12, 13] és az ehhez szükséges kemencék kifejlesztése jelentette. Az USA-ban ezeket a kemencéket sorozatban gyártotta az MIT-s professzorok által alapított és *Blücher József* által irányított vállalat (mai szakszóval: szpinoff). Plazmanitridáló kemencét talán soha nem is gyártottak Magyarországon, mindaddig, amikor 2014-ben *Blücher* professzor meg nem építette egy kutatási célokra szolgáló kemencét a Műegyetem anyagtechnológiai tanszékén; ez a berendezés látható az 1. ábrán.

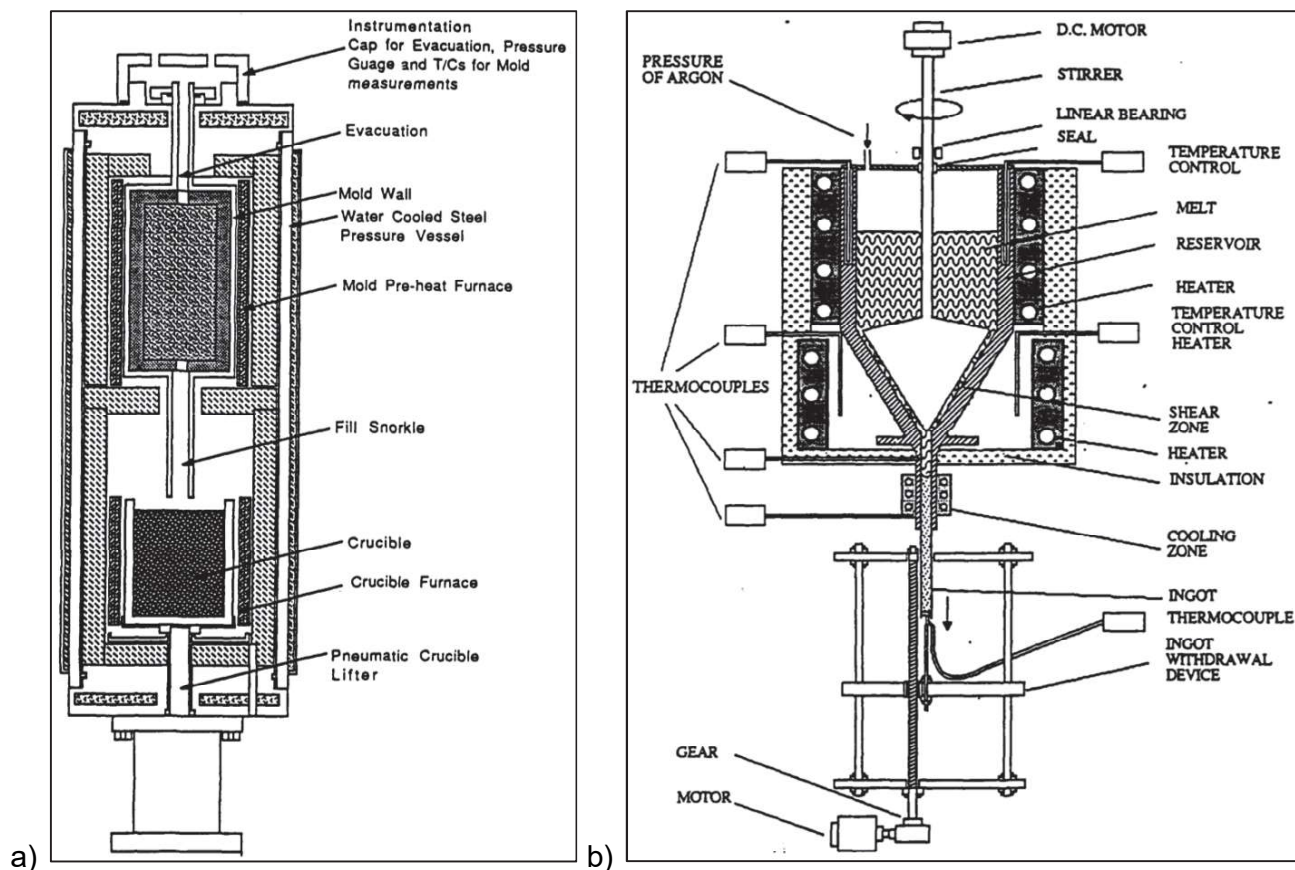


1. ábra – A BME anyagtechnológia itanszékén 2014-ben épített plazmanitridáló kemence

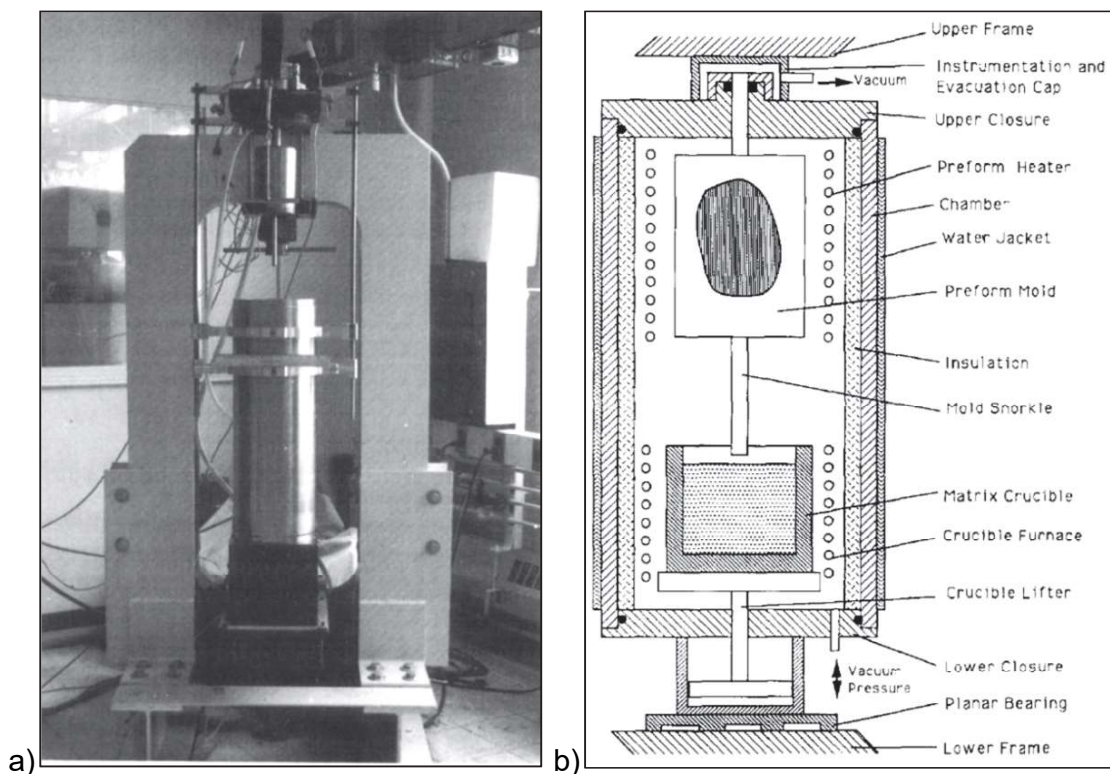
A fémmátrixú összetett anyagok kutatásának igazán lendületes korszaka az 1980-as évekre esik. Azokon a bostoni egyetemeken, amelyeken *Blücher József* egyidejűleg (!) dolgozott – az MIT (Materials processing Center) és a NEU (Metal Matrix Composite Laboratory) mellett a Boston University –, nagyszerű kutatógárda gyűlt össze, pl. *V. Gupta, A.S. Argon, M.C. Flemings, J.A. Cornie, A. Mortensen, V. Michaud, R.M. Pelloux* és a magyar *Julian Székely*. A feladatokat a repülési ipar, az űrkutatási ipar és a szénszálgártó ipar legnagyobb vállalatai szállították [14, 15]. A kerámiával erősített, alumíniummátrixú összetett anyagok előállítására kifejlesztett, vákuumozás után gáznyomásos besajtolásra alkalmas kemencék tervezésében és megépítésében *Blücher József* volt a kulcsembere. Az MIT-n megépített nyomásos besajtolókemence, illetve a folyamatos öntéses kemence vázlata látható a 2. ábrán [16] s fényképe a 3. ábrán [17]. Az egyszerű kivitelű és kisméretű nyomásos besajtolókemencék gyártására külön vállalatot alapítottak az MIT-s professzorok.

A 3. ábrán látható, viszonylag nagy méretű (~300×60×60 mm-es) tömbök előállítására alkalmas kemencéből *Blücher József* a NASA és a 3M részére is épített egyet-egyét, valamint a NEU-ra. Itt hozta létre az 1990-es évek közepén a „saját” laboratóriumát, és ide építette meg ebből a fajta besajtolókemencéből az USA-beli tevékenysége utolsó példányát, amely a 4. ábrán látható. Ez a besajtolókemence felfogható egy kisnyomású HIP-kemencének: vákuumozható, 1100 °C-ig fűthető, és egy gázrendszeren keresztül 120 bar-ig nyomás alá helyezhető. A nyomástartó acéltest kettős falú, a külső burkolat vízhűtéses.

Ezt a kemencét 2004-ben, amikor *Blücher József* a bostoni NEU-ról nyugdíjba vonult, a BME-nek ajándékozta. A laboratóriuma további csúcsberendezéseivel együtt leszerelte, becsomagolta egy hajókonténerbe, és Budapestre küldte, majd 2005-ben egy bő fél éves munkával a laboratóriumot újra felépítette. Ebben a munkában meghatározó szerepet játszott *Németh Árpád* is, aki egyébként az ezredfordulón egy egész évet dolgozott *Blücher professzornál* Bostonban. A 2005-ben végzett építkezés és berendezés egyik pillanatát örökíti meg az 5. ábrán látható kép, amelyen a laboratóriumba beszerelt 6 db kemence mindegyike látható. Ezek közül kettő olyan, amelyet kifejezetten az összetett anyagok gyártása céljára tervezett és épített *Blücher József*. Az egyik az eddig emlegetett besajtolókemence – a 6. ábra mutat néhány jellegzetes terméket, amelyek ebben a kemencében készültek –, a másik pedig a világon egyedülálló, folyamatos huzalgyártó kemence.



2. ábra – Az alumíniummátrixú összetett anyagok gyártására az MIT-n megépített kemencék hosszmetzeti vázlata; a) nyomásos besajtolókemence, b) folyamatos öntéses kemence [16]



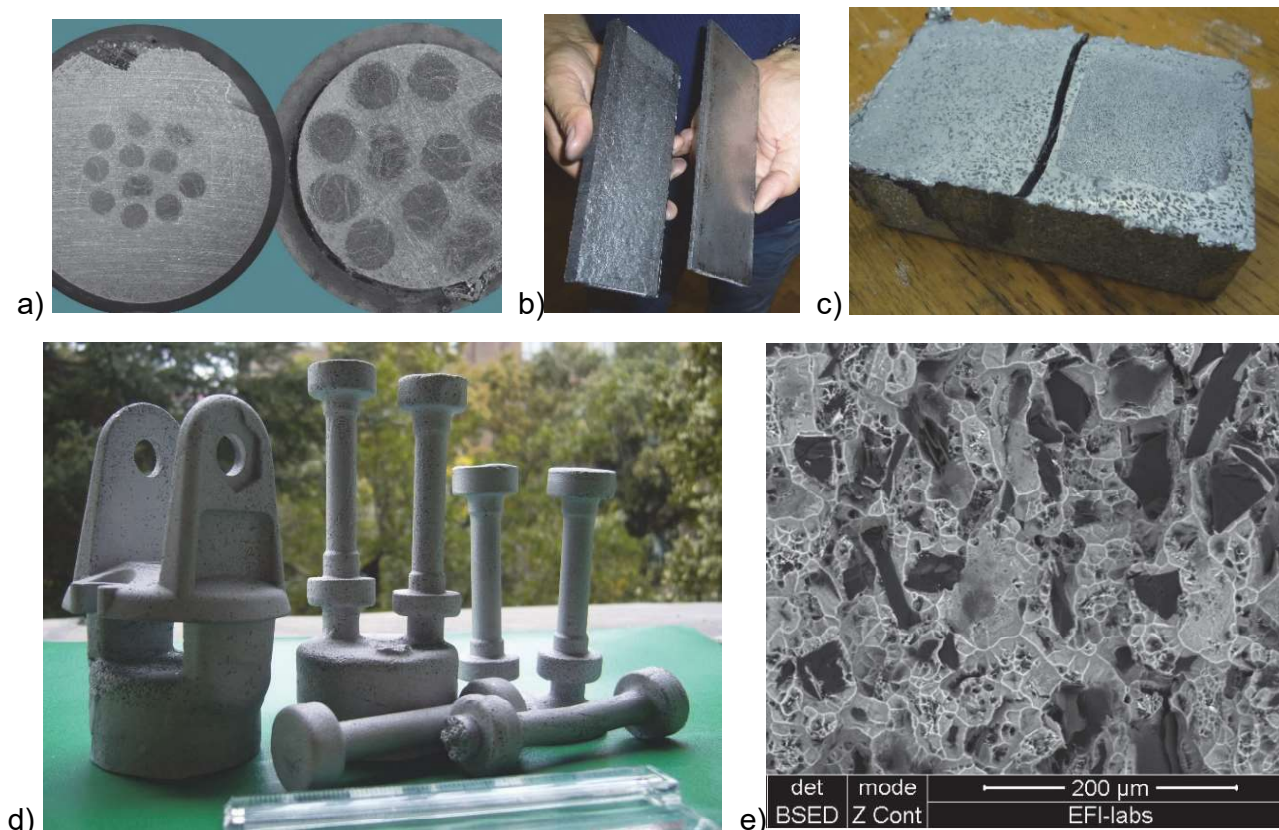
3. ábra – Az alumíniummátrixú összetett anyagok gyártására az MIT-n megépített, nagyméretű tömbök előállítására alkalmas besajtolókemence képe (a) és hosszmetzeti vázlata (b) [17]



4. ábra – A bostoni NEU-ról Budapestre került, nagyméretű tömbök előállítására alkalmas besajtolókemence kemence fényképe (a) és az azt 2022-ben éppen lezáró gyártója, *Blücher József*

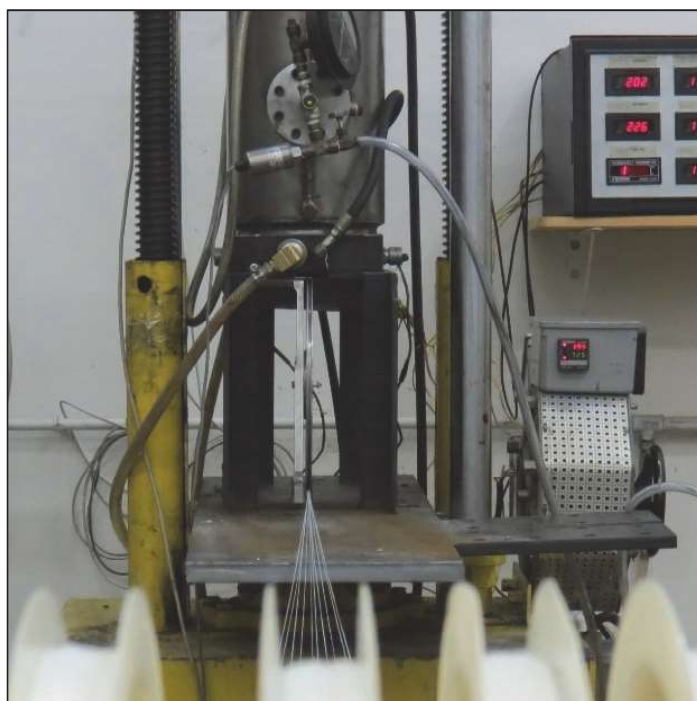
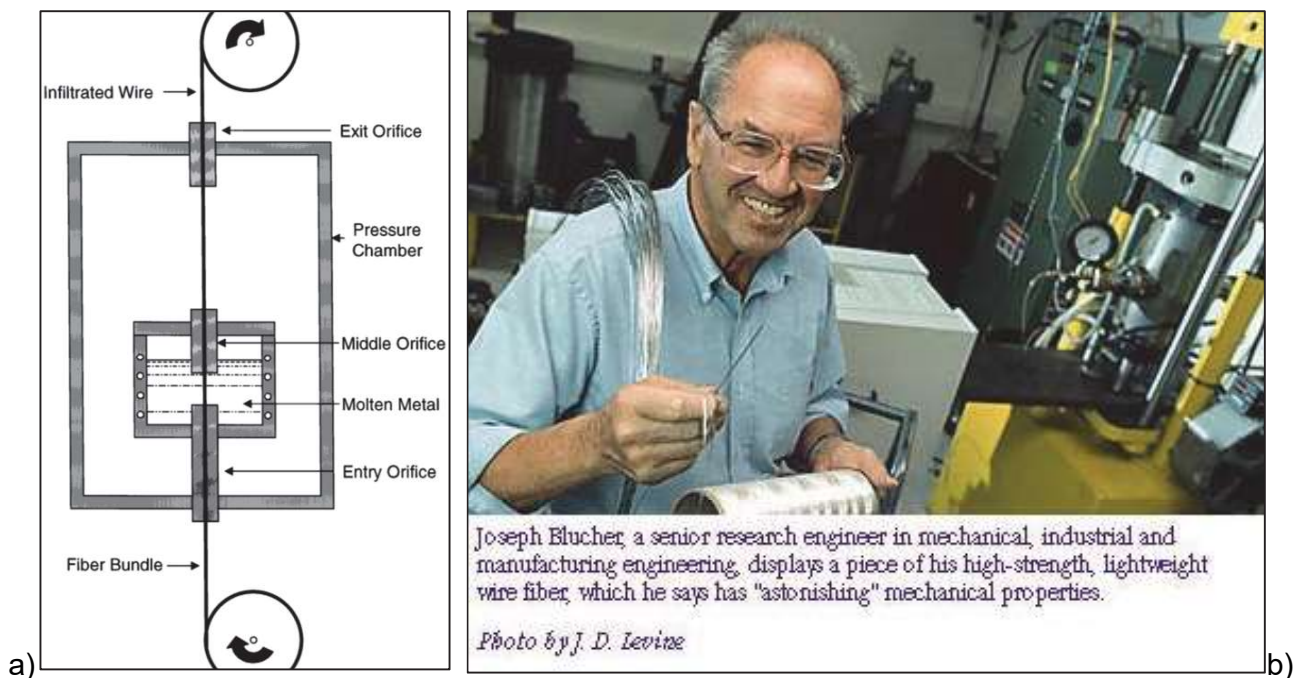


5. ábra – A Bostonból Budapestre került kemencék 2005-ben, a laboratórium berendezésekor; a Blücher-kemencék acélszerkezete sárga színű. A vákuumozható, nyomásos besajtolókemence a képen jobbra, hátul található. A kép középső részét tölti ki a folyamatos huzalgyártó kemence



6. ábra – A Blücher-féle besajtolókemencében készült termékek; a) ún. „gradiens anyagú” rudak keresztmetszete, b) kerámiaerősítésű vékony lapok, c) nyílt cellás cinkhab (készült 2022-ben), d) részecskeerősítéses, precíziós öntvények, e) a b) képen látható lemez töretfelülete

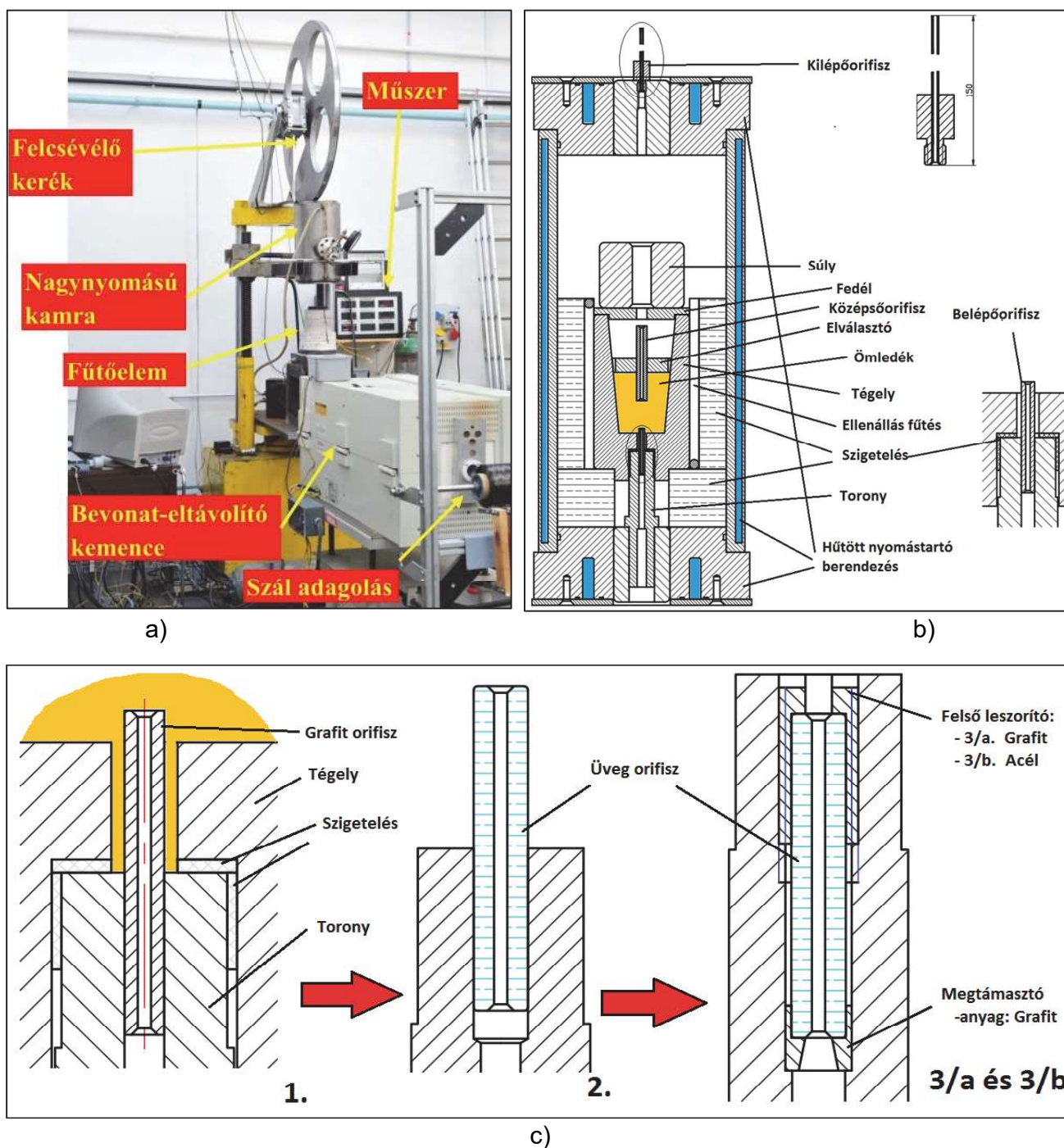
Az 5. ábra középső részén látható egy rendkívül egyedi berendezés. Ez *Blücher Józsefnek* a talán legeredetibb találmánya: az alumíniummátrixú huzalok folyamatos gyártására alkalmas berendezés [18, 19, 20]. A találmányt megvásárolta a japán Yazaki vállalat, miközben Bostonban, kb. tíz éven át izgalmas kutatások zajlottak [21, 22, 23, 24]. Ennek a berendezésnek az egyik szerkezeti egysége az erősítőszálak áthúzására szolgál, a másik pedig maga a kemence. A 7. ábrán régi (a, b) és a Budapesten, 2005-től tíz éven át végzett kompozithuzalgyártási program egyik nagy projektje során készült képek láthatók (c, d). Ekkor, 2013-ban, egy német-orosz fejlesztővállalat megbízásából készültek nagy tisztaságú kerámiaszálak kötegeivel erősített huzalok. Ugyanebben az évben adott megbízást egy nagy, japán szénszálgyártó cég arra, hogy kétféle termékének a felhasználásával állítsunk elő alumíniummátrixú huzalokat.



7. ábra – a) A szálerősítéses alumíniumhuzalok folyamatos gyártására alkalmas Blücher-kemence vázlata [25], b) Blücher József a bostoni NEU-n működő laboratóriumában az ezredfordulón, vállán a világon egyedülálló termékkel, a kerámiaszál-erősítésű alumíniumhuzallal, c-d) a kerámiaszál-kötegek bevezetésével folyó gyártás 2013-ban, a BME ATT-n

Ennek az ún. folyamatos huzalgyártó Blücher-kemencének a lelke a fűtött, vákuumozható és nyomás aláhelyezhető térben lévő olvasztótégely, amelyen folyamatosan áthúzható a bevezetett erősítőszál-köteg. Az olvasztótégely grafitból készül, és olyan bevezető- és kivezetőkapuk a részei, amelyeknek menet közben is meg kell akadályozniuk az alumíniumolvadék kispriccelését a besajtolási nyomás hatására. Az utolsó nagy projekt a japán szénszálakkal erősített alumíniumhuzalok gyártása volt. Nagy kihívás volt a bolyhozódásra és szakadásra való erős hajlam leküzdése, de ezt két kiváló, fiatal kutatóval, Törzsök Péterrel és Tihanyi Károllyal, közösen sikerült leküzdenni. A siker titka a szénszálköteg bevezetésére szolgáló kapurendszer („orifisz”) 8.c ábra szerinti, több lépéses átalakítása volt. A folyamatos Blücher-

kemence teljes környezete és kiszolgálóegységei láthatók a 8.a ábrán, míg magának a kemencének a részletes, hosszmetzeti vázlata a 8.b ábrán.



8. ábra – a) A szálerősítéses alumíniumhuzalok folyamatos gyártására alkalmas Blücher-kemence teljes környezete a BME ATT-n, b) a kemence hosszmetzeti vázlata az eredeti kialakításban, c) a bemeneti kapu kialakításának fejlesztési fázisai: 1, 2, 3/a és 3/b. A fejlesztések révén teljesen új olvasztótégely, torony, bemeneti kapu, középső kapu és kimeneti kapu készült. A bemeneti és a középső kapu kihúzóadását gépszerkezeti fejlesztésekkel sikerült megoldani, a szénszálköteg bolyhozódásának a leküzdését pedig a grafitnak kvarcüveggel való felváltása oldotta meg

Különös kihívást jelentett az a kemence, amelyet 2018 végén rendelt meg az európai űrkutatási projektekben is részt vevő, magyar Aedus Space Kft. A kihívást a vákuumozható és nyomástartó kamra nagy átmérője jelentette. Ennek a Blücher-kemencének a tervezését az anyagrendeléseket még a floridai, téli szálláshelyéről szervezte Blücher József, és 2019 áprilisában hazatérve nekiállt a gyártásnak. Elképesztő mennyiségű és pontosságú munkát

végzett (9.a-f ábra), aminek eredményeként a kemence a nyár végére elkészült; a vezérlést az Aedus-Space maga építette (9.g ábra).



a)



b)



c)



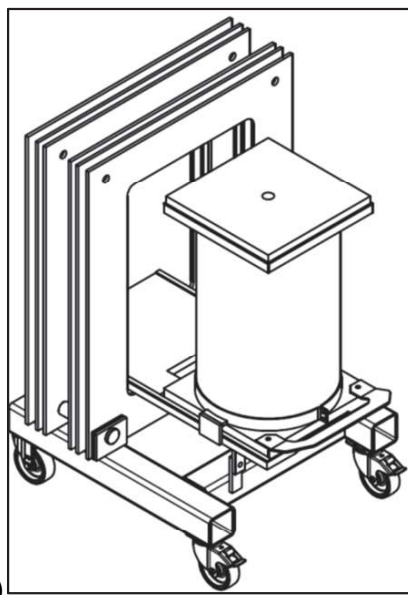
d)



e)



f)



g)



h)

9. ábra – a-b) A „Blücher-006” kódjelű besajtolókemence fődarabjainak forgácsolása, c) a nyomáskamra a víznyomáspróba előtt felbélyegezve, d-e) a fűtőelemek beszerelése, f) a fűtési teszt, g) a szerkezeti vázlat, h) az Aedus-Space által épített fűtésvezérlés és gázrendszer

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] www.matarka.hu
- [2] *Korda Dezső*: A villamos kemence termékei. A Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönye, 34. kötet (1900) 77–81. oldal
- [3] *Halmos György – Pálvölgyi Árpád – Kurovsky István*: Könyvismertetés: Emőd Gyula – Jakóby László: Könnyűfémek kovácsolása; Bella Ede: Színes- és könnyűfémek hőkezelése; Buray Zoltán: Az alumínium kötésmódjai. Alumínium – a Bányászati és Kohászati Lapok melléklete (1952), 4. évfolyam, 6. szám, 140–142. oldal
- [4] *Kerpely Kálmán*: A chróm-nikkel-acélfajták melegkezelése I-II. Bányászati és Kohászati Lapok (1919) 52. évfolyam, 1–8. szám, 17–25. oldal
- [5] *Berényi László*: "Összetett anyagok" kongresszusa és kiállítása Lyonban. Gépgyártástechnológia (1973) 13. évfolyam, 2. szám, 71. oldal
- [6] *Czvikovszky Tibor*: Fa-poliészter kompozitok előállítása és alkalmazása. Magyar kémikusok lapja (1982) 37. évfolyam, 2. szám, 78–87. oldal
- [7] Kombinált anyagú hengerdobozok = Cylindrical boxes from composite materials. Magyar alumínium (1987) 24. évfolyam, 3–4. szám, 131–132. oldal
- [8] Áttekintés I.: Fémek és fémalapú kompozitok (MMC-k). Bányászati és kohászati lapok. Kohászat (1993) 126. évfolyam, 7–8. szám, 287–288. old
- [9] *Brenner András – Blucher, J. T. – Eager, T. W.*: A metál mátrixú kompozitok hegeszthetősége a 6061/Al₂O₃ ponthegeesztési technológiája. Hegesztéstechnika (1993) 4. évfolyam, 4. szám, 9–15. oldal
- [10] *Jokinen A – Rauta V – Wiik B – Uuttu T – Sänätjoki M*: Porkohászati úton és öntve gyártott alumíniumötvözet-mátrixú kompozit termékek gyártása és tulajdonságai. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat (1994) 127. évfolyam, 3–4. szám, 158–164. oldal
- [11] *Blucher J – Bang K – Giessen BC*: Preparation of the metastable interstitial copper nitride, Cu₄N, by d.c. plasma ion nitriding. Materials Science and Engineering: A, 117 (1989) L1–L3
- [12] *Blucher J – Marchev K – Gokhale S – Giessen BC*: Phase formation, kinetics and microhardness of the nitride layer in ion nitrided 316L stainless steel. MRS Online Proceedings Library, 205 (1990) 269–274, doi: 10.1557/PROC-205-269
- [13] *Marchev K – Cooper CV – Blucher JT – Giessen BC*: Conditions for the formation of a martensitic single-phase compound layer in ion-nitrided 316L austenitic stainless steel. Surface and Coating Technology, 99 (1998) 225–228
- [14] *Cornie JA – Zhang G-D – Li O – Zhang S-Y – Kowing BE – Blucher JT*: Pressure infiltration processing of P-55(graphite) fiber reinforced aluminum alloys. In M.D. Sachs (ed.): Ceramic Transactions, Advanced Composite Materials, The American Ceramic Society, Westerville, OH (1991) 861–875.
- [15] *Li, Qiong – Gou, Ding Zhang – Blucher, Joseph T – Cornie James A*: Microstructure of the interface and interfiber regions in P-55 reinforced aluminum alloys manufactured by pressure infiltration. In: Hatsuo Ishida (editor): Controlled Interphases in Composite Matenals. Proceedings of the Third International Conference on Composite Interfaces (ICCI-III) held on May 21–24, 1990 in Cleveland, Ohio, USA. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York (1990) 131–145
- [16] Laboratory for the processing and evaluation of inorganic matrix composites; Annual Technical Report, June 1989, AD-A2016 881 (1989)
- [17] *Blucher JT*: Discussion of a liquid metal pressure infiltration process to produce matal matrix composites. Journal of Materials Processing Technology, 30 (1992) 381–390

- [18] *Blucher Joseph T*: High voltage electrical power transmission cable having composite-composite wire with carbon or ceramic fiber reinforcement. US Patent, US20050061538A1 (2001)
- [19] *Blucher Joseph – Katsumata Makoto*: Method for manufacturing composite materials. US Patent US20030150585A1 (2003)
- [20] *Blucher JT*: Gating system for continuous pressure infiltration processes. S Patent, US005736199A (1998)
- [21] *Blucher JT – Doktor M*: A new pressure infiltration process for continuous production of fiber reinforced MMC structural elements. Proc 30th Int SAMPE Tech Conf (1998) pp. 442–455
- [22] *Narusawa U – Blucher JT*: Thermofluid analysis of entrance section of a continuous pressure infiltration process for fiber-matrix composites. Journal of Porous Media, 3 (2000), pp. 69–78
- [23] *Blucher JT, Narusawa U, Katsumata M, Nemeth A*: Continuous manufacturing of fiber-reinforced metal matrix composite wires – technology and product characteristics. Composites: Part A, 32 (2001) 1759–1766
- [24] *Blucher JT, Dobranszky J, Narusawa U*: Aluminium double composite structures reinforced with composite wires. Materials Science and Engineering, A 387–389 (2004) 867–872
- [25] *Williams MG – Isaacs JA – Nadler JH – Sampson SL – Kowalski GJ – Blucher JT*: Analytically motivated process improvements in continuous metal–matrix composite wire fabrication. Materials Science and Engineering A266 (1999) 86–92