

Kompozithuzalok tulajdonságainak változása tartós idejű hőkezelés hatására

Kientzl Imre*, Dobránszky János**

Bevezetés

A Fém mátrixú Kompozitok Laboratóriuma 15 évnyi amerikai működését követően, 2005-ben, a bostoni Northeastern University-ről a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemre költözött. Az egyik kiemelkedő eredménye a kutatásoknak és fejlesztéseknek a folyamatos gyártási eljárással készült kompozithuzal. A kompozithuzal potenciális alkalmazási területe a nagyfeszültségű elektromos vezetékek és a fémöntvények megerősítése.

Az általunk vizsgált, alumínium-oxid kerámiaszálakkal erősített, alumínium mátrixú kompozithuzalok 0,5-1,6 mm átmérővel és 60-65 térfogat% száltartalommal rendelkeztek. A folyamatos gyártási eljárás termelékenységének köszönhetően a határfelületi reakciók nem tudnak végbemenni a rendelkezésre álló csekély idő miatt, és ennek megfelelően a kompozithuzalok mechanikai tulajdonságai igen kedvezőek.

Az villamos sodronyok kompozithuzallal történő megerősítésének az a feltétele, hogy a kompozithuzal az elektromos vezetékek esetén időszakosan fellépő nagy hőmérsékletet (200-300 °C) a mechanikai tulajdonságok jelentős romlása nélkül elviselje.

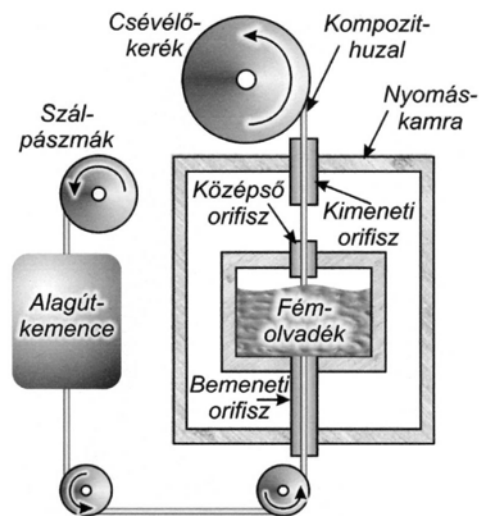
A vizsgálatok során a kompozithuzalok tartós idejű, nagy hőmérsékletű hőkezelésnek lettek kitéve. Ezt követően a hőkezelt kompozithuzalok termoelektromos tulajdonságait és dinamikus törési viselkedését vizsgáltuk. A roncsolásos anyagvizsgálat során keletkezett törethelyeket pásztázó elektronmikroszkóppal és optikai mikroszkóppal tanulmányoztuk.

Kompozithuzalok folyamatos gyártása

A kompozithuzalok előállításakor Nextel 440 típusú Al_2O_3 és SiC kerámiaszálakat ($\varnothing 12 \mu\text{m}$) használtunk fel erősítőanyagként, míg a mátrix tiszta alumínium volt.

Az 1. ábra mutatja be a folyamatos eljárás berendezésének főbb részeit [1]. Az előkészítő fázishoz tartozik, hogy a szálakat egy 800 °C-os alagút kemencén vezetjük át, a szá-

lakon lévő védőbevonat eltávolítása végett. Az eljárás során az erősítőszálakat egy nyomás alatt (argon atmoszférában) lévő alumínium olvadékon húzzuk keresztül [2]. Az olvadék-fürdőbe a bemeneti orifiszen át lép be a szál, amely elválasztja egymástól a nyomás alatt levő teret a környezeti nyomástól. A szálpázmában a szálak között légköri nyomás van, míg az alumínium olvadék 12 bar-os nyomás alatt van, amely hatására a fémolvadék a szálak közé jut [3]. Az alumínium olvadék távozását a bemeneti orifiszen keresztül a megfelelő szál-térfogathányad és a megfelelő szálhúzási sebesség akadályozza meg. A középső orifisz a szál végleges alakjáért felelős, míg a kimeneti orifisz a kültérbe vezeti a kész kompozithuzalt és gondoskodik a kamrában lévő nyomás lecsökkentéséről. A kész kompozithuzalt egy kerékre csévéljük fel.



1. ábra: A folyamatos huzalgártó berendezés vázlata

Hőkezelés

A nagyfeszültségű távvezetékek esetén a nagyterhelésű időszakokban és az esetleges üzembiztos alkalmával a sodrony könnyen elérheti a 200-300°C-os hőmérsékletet is. Mivel a kompozithuzaloknak ez egy ígéretes alkalmazási területe, így szükséges a tartós idejű termikus igénybevétel hatásának ismer-

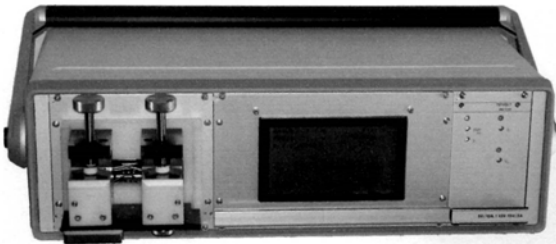
* BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék PhD hallgatója,

** MTA-BME Fémtechnológiai Kutatócsoport tudományos főmunkatársa

te a mechanikai tulajdonságokra. A vizsgált 1,6 mm átmérőjű huzalok mátrix anyaga minden esetben tiszta alumínium, erősítő anyaguk 60-65 térfogatszázaléknyi Al_2O_3 , illetve SiC szál volt. A vizsgálatot $400\text{ }^\circ\text{C}$ -on végeztük, különböző hőntartási időkkel, hogy az átmeneti rétegben bekövetkező esetleges változásokat nyomon követhessük. Az eredmények azt mutatják, hogy a változások az alkalmazott hőmérséklettől és a hőntartás idejétől függenek. A kísérletekben $400\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletet és 100, 250, 500, 750, illetve 1000 órás hőntartást alkalmaztunk.

Termoelektromos erő mérése

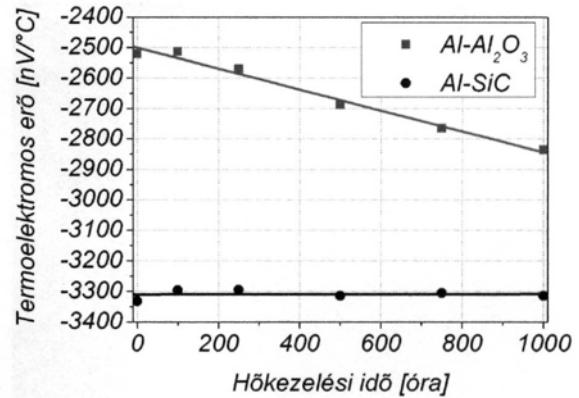
A termoelektromos erő (Seebeck együttható) megmutatja, hogy mennyi villamos feszültség jön létre egy próbatest két vége között, ha a végek közötti hőmérsékletkülönbséget egy fokkal megnöveljük. Ennek a számnak alapján különbséget tehetünk anyagok között és az egyes anyagok különböző állapotai (hőkezelt, nem hőkezelt, stb.) között is. A méréshez egy 70 mm hosszú kompozithuzal darabkára volt szükség (ez megfelel a mérőberendezés befogópofái közötti távolságnak). A termoelektromos erőt azért mértük, hogy találjunk egy könnyen mérhető paramétert, amelyből lehet következtetni a kompozithuzal hőkezeltégi állapotára és ez által a mechanikai tulajdonságaira. A Seebeck együttható mérésére szolgáló berendezés a 2. ábrán látható.



2. ábra: Termoelektromos erő mérőberendezése

A méréssorozatban a termoelektromos erő változását mértük a hőkezelt idejének függvényében, amint az a 3. ábrán látszik. Az $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ kompozithuzal esetében a termoelektromos erő, egyenlően jól közelíthetően csökkent a hőkezelt idejének növekedtével. A termoelektromos erő változása tehát egyenesen arányos a hőkezelt idejével. Az Al-SiC kompozithuzalnál, a termoelektromos erő értékekben nem követ-

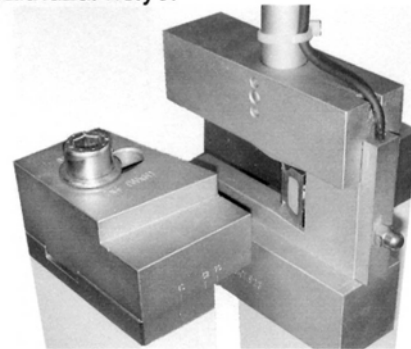
kezett be változás, még az 1000 órán át $400\text{ }^\circ\text{C}$ -on hőntartott minta esetén sem. A két vizsgált kompozithuzal között csupán az erősítőanyag típusában van a különbség, ezért arra következtethetünk, hogy a szálak anyaga felelős az eltérésekért. Ennek pontos okát és mechanizmusát azonban nem ismerjük.



3. ábra: Kompozithuzalokon mért termoelektromos erő a $400\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőkezelt idejtartamának függvényében

Kompozithuzalok ütővizsgálata

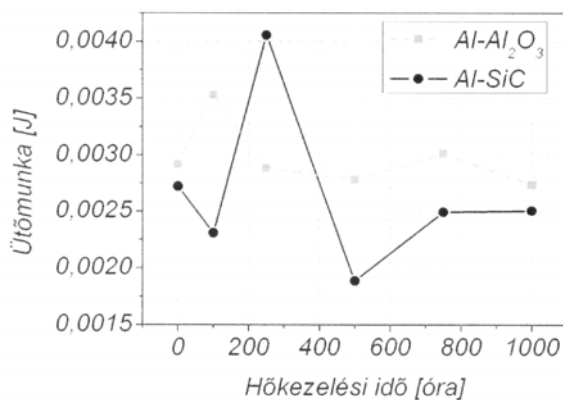
A hőkezelt és a termoelektromos erő mérése után a darabokon műszerezett ütővizsgálatot végeztünk, hogy vizsgáljuk a különböző hőkezeltégi állapotban lévő kompozithuzalok dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállóképességét. Ennél a módszernél a szokásostól eltérő módon nem volt bemetszés a próbatesteken. A vizsgálathoz 1,6 mm-es átmérőjű 50 mm hosszú kompozithuzalokat használtunk fel, felületi előkészítés nélkül. A műszerezett ütőmű 2 J-os ingájának kezdeti állapotát 40° -ra állítottuk be a függőlegeshez képest. A mintatartó állványok távolsága 40 mm volt. Az ütőmű ingáját és a beállított mintatartót a 4. ábra mutatja, megjelölve a kompozithuzal helye.



4. ábra: Ütőmű ingája és a mintatartó

A hőkezelt huzalok ütőmunkáját a hőkezelés időtartamának függvényében az 5. ábra mutatja. Az eredmények azt mutatják, hogy az Al_2O_3 szállal erősített kompozit-huzalok ütőmunkájában kisebb szórás tapasztalható, mint a SiC-dal erősített társainál. Ennek pontos okát nem ismerjük, de feltételezhetően a SiC szállak határfelületén létrejövő rideg fázis felel ezért [4, 5]. Megjegyzendő, hogy maga a kompozithuzal a nagy erősítőanyag térfogathányadának köszönhetően önmagában is igen rideg anyagnak számít. Az eredmények bizonytalansága a kísérletek nagyobb számú mintával történő megismétlésével jelentősen csökkenthető.

A szórástól eltekintve tendencia nem figyelhető meg. Ez arra enged következtetni, hogy tartós idejű hőkezelés nem változtat számottevően a mechanikai tulajdonságokon.

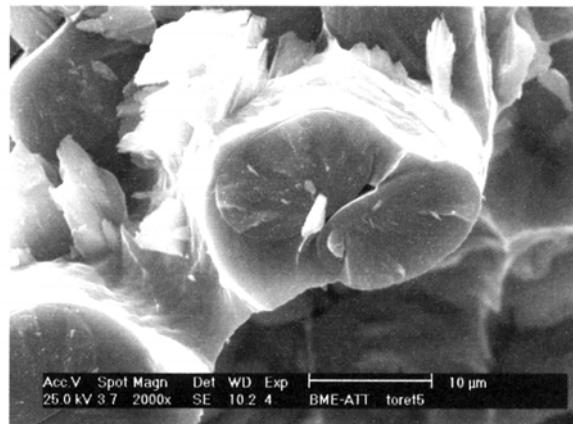


5. ábra: A kompozithuzalok ütőmunkája a 400 °C-os hőkezelés időtartamának függvényében

Pásztázó elektronmikroszkópia és EDS analízis

Pásztázó elektronmikroszkóp és EDS analízis segítségével is megvizsgáltuk a 60-65 térfogat% Al_2O_3 szállakat tartalmazó, tiszta alumínium mátrixú huzalokat és az erősítőszállak és mátrix közötti átmeneti réteget. Az EDS vizsgálat segítségével a mátrix anyagból indulva egy elemi száll közepéig vizsgáltuk a kémiai összetételt a keresztmetszeti csiszolaton. Mivel az elektronsugár egyszerre gerjeszti a mátrixot és az erősítőszállat is, így a mérési eredményeket fokozott óvatossággal kell kezelni. Az eredmények alapján azt mondhatjuk, hogy nem lépett fel reakció az Al_2O_3 szállak és az alumínium mátrix között. A szállak infiltrációja tökéletes volt, ugyanis az alumínium a megfigyelhető legkisebb részt is

maradéktalanul kitöltötte az erősítőszállak között. A 6. ábrán látható felvétel is azt bizonyítja, hogy a szállak és a mátrix közötti kapcsolat elég erős.



6. ábra: Kompozithuzal töretfelülete (SEM felvétel 2000× nagyítás)

Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram támogatja, OTKA T043571.

Külön köszönet illeti Blücher József professzort a rendkívüli segítségéért, támogatásáért.

IRODALOM

- 1 - Blücher, J.T. :US Patent Number 5736199, 7 April 1998
- 2 - Blücher, J.T. - Katsumata, M. - Narusawa, U. - Nemeth A. : "Continuous manufacturing of fiber-reinforced metal matrix composite wires – technology and product characteristics," Composites, Part A 32, (2001) 1759-1766.
- 3 - Mortensen, A. - Cornie, J. : "On the infiltration of metal matrix composites," Metall. Trans., 18A (1987) 1160–1163.
- 4 - Tham, L.M. - Gupta, M. - Cheng, L. : "Effect of limited matrix–reinforcement interfacial reaction on enhancing the mechanical properties of aluminium–silicon carbide composites," Acta Mater. 49 (2001) 3243–3253.
- 5 - Vidal-Sétif, M.H. - Lancin, M. - Marhic, C. - Valle, R. : "On the role of brittle interfacial phases on the mechanical properties of carbon fibre-reinforced Al-based matrix composites," Mater. Sci. Eng. A272, (1999) 321–333.