

Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

SZILÍCIUMKARBID SZEMCSÉK KÉMIAI NIKKELEZÉSE ÉS FÉMKOMPOZITOKBAN TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSA

*KÉMIAILAG NIKKELEZETT SZILÍCIUMKARBIDDAL ERŐSÍTETT ALUMÍNIUM-ÖTVÖZET MÁTRIXÚ KOMPOZIT
ELŐÁLLÍTÁSA ÉS SZÖVETSZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATA*

Ph.D. értekezés tézisei

Pázmán Judit

okleveles anyagmérnök

Tudományos témavezető:

Dr. Gácsi Zoltán

egyetemi tanár



Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

Anyagtudományi Intézet

Miskolc

2010.

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A fémkompozitok tervezhető és különleges tulajdonságaik eredményeképpen a XXI. század fontos anyagai. Ugyanis a hagyományos mérnöki anyagokból (fémek, kerámiák, polimerek) felépülő összetett anyagrendszerekkel olyan különleges tulajdonság-kombinációk hozhatók létre, melyek az egyes anyagtípusok külön-külön való felhasználásával nem lehetségesek. Emellett előállításuk a hagyományos gyártástechnológiákkal – kisebb módosításokkal – megvalósítható, és az utólagos megmunkálások is elhagyhatók, vagy jelentősen csökkenhetők ('Near-Net Shape Manufacturing').

A különböző gyártási technológiák (öntészet, porkohászat) fejlesztése terén azonban akadnak még megoldandó problémák. Ilyen a mátrix és az erősítő/második fázis közti határfelület javítása, amely kulcsfontosságú az összetett anyag felhasználhatósága szempontjából. Hiszen a két teljesen különböző kémiai felépítésű, és ebből kifolyólag eltérő tulajdonságokkal rendelkező anyagnak tökéletesen együtt kell működnie ahhoz, hogy a rendeltetésüknek megfeleljenek, és az igénybevételeket károsodás nélkül elviseljék.

Számos kutató foglalkozik azzal: miként lehetne a kompozit anyagok határfelületi adhézióját növelni. A határfelületi adhéziós energia növelésére több módszert is kidolgoztak. Az öntészeti eljárások esetén az alpmátrix anyagát úgy kell megválasztani, hogy az tökéletesen nedvesítse a kerámia szemcséket. Azonban, ha a gyártástechnológia során nem olvadék fázisú mátrixot használunk, hanem por formájú ötvözetekből indulunk ki, akkor teljesen más megoldást kell keresni. Egyes kutatók a kerámia szemcsék felületmódosítási lehetőségeit, mások a teljes kompozit 'in situ' megvalósítását vizsgálják. A kerámia részecskék felületmódosításaira sokféle eljárást alkalmaznak. Ezeknek a technikáknak két nagy csoportja ismert, az egyik a felületi oxidáció, a másik a fémréteg-leválasztás. A felületi oxidáció során a kerámia szemcsék felületén, különösen a szilíciumkarbid esetén egy oxid kérget hoznak létre, mellyel a részecskék felületét kívánják módosítani a kezdeti keramikus jellegről ionossá, s így a határfelületi adhéziót akarják növelni¹. A fémrétegek leválasztásának célja a kerámia szemcsék felületén fémes felület kialakítása és így a mátrixhoz való jobb kötődést biztosítása. A fémleválasztás módszerei sokfélék, egyaránt lehetséges gőz fázisból, folyadék fázisból és szilárd fázisból történő fémbevonat-kialakítás. De ezeknél minden esetben az előkezelő réteg a kulcskérdés, hiszen a kerámia szemcsék kémiai inertségét, meg kell szüntetni ahhoz, hogy a felületüket fémmel be lehessen vonni.

Tehát a határfelület javítása jó néhány kérdést felvet, amely tisztázásra vár. Mindezek mellett az is lényeges, hogy az így felületmódosított kerámia szemcséket kompozit anyagokban alkalmazva, milyen fázisok képződnek a fémréteg és az alpmátrix között, ezek hogyan hatnak a kész anyag mechanikai tulajdonságaira, valamint miként befolyásolják az összetett anyagok használhatóságát.

¹ A fém-ionos határfelület adhéziós energiája nagyobb, mint a fém-kovalensé

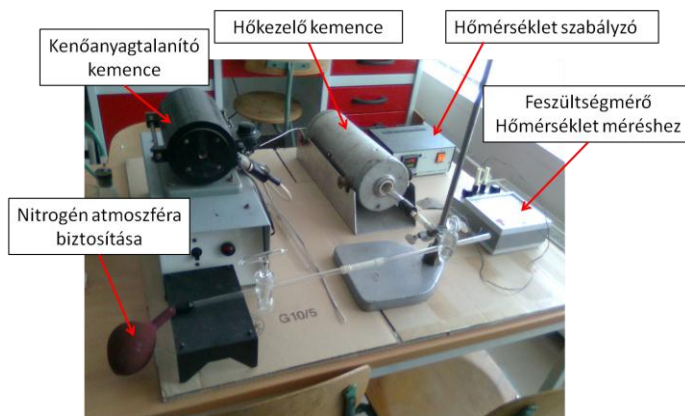
Kutatómunkám során a tervezhető tulajdonságokkal rendelkező fémkompozitokkal foglalkoztam, azzal a céllal, hogy a porkohászati úton (porkeverék előállítása, hidegsajtolás, szinterelés) előállított termékek gyenge határfelületi adhézióját javítsam. A probléma megoldása érdekében a következő feladatokat és célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- 1) A hidegsajtolás során először az alumínium-ötvözet por szemcséit és a szilíciumkarbid szemcséket szilárd állapotban préseljük, majd szintereljük. Mivel a szilíciumkarbid kovalens kötése révén nem képez szilárd állapotban megfelelő kötést a fémes rácsú alumínium-ötvözzel, a hidegsajtolat-szinterelt termék használata során a kerámia szemcsék tönkremenetele következne be. Ennek megakadályozása céljából a kerámia szemcsék felületmódosítása szükséges. A felmerülő tudományos kérdések a következők:
 - a) Milyen felület-bevonási technikával lehet kellő mértékű réteget kialakítani a kerámia szemcsék felületén?
 - b) Milyen fém leválasztása segítheti a határfelületi adhéziót és ez a fémréteg, hogyan befolyásolja az alpmátrix tulajdonságait?
 - c) Mennyiben nehezíti meg a szilíciumkarbid szemcsék erős szerkezeti (kovalens) kötése (kémiai inertisége) a felületmódosítást és milyen módszerrel lehet ezen javítani?
 - d) Melyik az a felület-bevonási technológia, mely az ipar számára hasznos és egyszerűen kivitelezhető?
- 2) A felületkezelt kerámia szemcsék fémmátrixú kompozitokban erősítő fázisként alkalmazhatók. Azonban szinterelés hatására az alpmátrix és az erősítő fázis reakcióba léphet egymással és ez a folyamat intermetallikus fázisok képződését eredményezheti.
 - a) Milyen típusú és milyen kémiai összetételű intermetallikus fázisok jönnek létre a határfelületen?
 - b) Melyik gyártástechnológiai rész folyamat befolyásolja az intermetallikus fázisok keletkezését és elhelyezkedését?
 - c) Milyen mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek ezek a fázisok és hogyan hatnak a kompozit mechanikai tulajdonságaira?

1. AZ ELVÉGZETT KUTATÁS RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Kutatómunkám során elvégzett kísérleteimhez alumínium-ötvözet mátrixot (AlCuSiMg = Al2014) és szilíciumkarbid (P 220) erősítő fázist választottam. A vizsgálati darabokat porkohászati úton állítottam elő, amely gyártástechnológia az alábbi lépésekből épült fel:

- 1) Megfelelő arányú porkeverék (AlCuSiMg + SiC) elkészítése.
- 2) A porkeverék sajtoló szerszámba töltése, és 400 MPa nyomás mellett történő hidegsajtolása (ezzel egy félkész termék előállítása)².
- 3) Az ötvözet szolidusz hőmérsékletét alapul véve 580°C-on 5h-s szinterelés.



1. ábra Kompozit minták kenőanyag tartalmának eltávolításához és szintereléséhez használt berendezés

Mivel a porkohászati úton történő gyártás során szilárd fázisú anyagokat használunk, így a határfelületi adhézio megfelelősége kérdéses. Éppen ezért a minél jobb határfelület kialakítása érdekében a kerámia szemcsék felületét kémiai redukció elvén alapuló kémiai nikkelezéssel keramikus jellegről fémes jellegűre módosítottam. Hiszen a határfelületi adhézio fém-fém között sokkal jobb, mint fém-kerámia esetén. Azonban a választott módszer katalitikusan aktív felületet igényel, amelynek hiányában a réteggépződési reakciók nem játszódnak le és a szemcsék felületbevonása nem valósul meg. Figyelembe véve a kerámia szemcsék kémiai inertségét, a felületbevonás előtt a szilíciumkarbid szemcsék felületaktiválást kellett elvégeznem. Ehhez az 1. táblázatban összefoglalt előkezelő eljárásokat használtam.

A képződött előkezelő rétegeket különböző módszerekkel vizsgáltam, úgymint pásztázó elektron-mikroszkóp (SEM), röntgen-diffrakció (XRD), valamint röntgen-fotoelektron-spektrométer (XPS) segítségével. Az így elvégzett vizsgálatok mutatják, hogy a szemcsék aktiválása megtörtént vagy sem. Ezt követően az aktivált szemcséket az alábbi összetételű savas nikkelfürdőbe helyeztem a kémiai nikkel réteg kialakítása érdekében.

² Az angol szakirodalom szerint 'green' termék

1. táblázat Az előkezelő oldatok vegyi összetétele és működési mechanizmusa

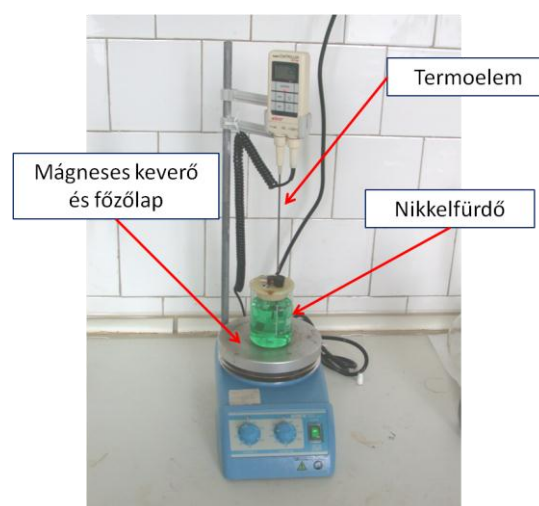
<i>Előkezelés típusa</i>	<i>Vegyi összetétel</i>	<i>Alkalmazott paraméterek</i>	<i>Mechanizmus</i>
<i>Savas előkezelés</i>	nátrium-hipofoszfít ($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 30 g/l tejsav 98% ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) 20ml/l	$T=358\text{K}$ (85°C), különböző ideig (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 perc)	A felületen vékony hipofoszfít réteg képződése várható.
<i>Felületi oxidáció</i>	levegő atmoszférán hőkezelő kemencében	különböző hőmérsékleten (800°C , 900°C , 960°C , 1000°C , 1050°C , 1100°C , 1150°C) különböző ideig (1h, 3h, 5h, 7h) hőkezelés, oxidáció	Az oxidáció során a Deal-Grove modell értelmében a szemcsék felületén összefüggő tömör oxid réteg képződik.
<i>Érzéke nyitás</i>	SnCl_2 15g/l HCl (cc. 37%) 55cm ³ /l	$T= 298\text{K}$ (25°C), t=10 perc	A szemcsék felületére Sn^{2+} ionok adszorbeálódnak.
<i>Aktiválás</i>	PdCl_2 0,5 g/l HCl (cc. 37%) 2ml/l	$T=298\text{K}$ (25°C), t=25 perc	Az érzékenyített szemcsék felületén az Sn^{2+} ionok tovább oxidálódnak Sn^{4+} ionokká, a Pd^{2+} ionok pedig Pd^0 redukálódnak. Palládium csírák képződnek a szemcsék felületén.

A nikkeلفürdő vegyi összetétele:

Nikkel-szulfát, $\text{NiSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	28g/l
Nátrium-hipofoszfít $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	30g/l
Nátrium-acetát-trihidrát; $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	35g/l
Tejsav, 80%	20ml/l.

Az alkalmazott paraméterek:

pH	$4,6 \pm 0,1$
hőmérséklet	85°C .



2. ábra Nikkelező berendezés

A kémiai nikkelezést követően a felületkezelt szemcséket építettem be erősítő fázisként az alumínium-ötvözet mátrixba és azt vizsgáltam, hogy a gyártási folyamat során hogyan viselkedik a felületkezelt szemcse az alumínium-ötvözetben. A kész próbatestek szerkezetvizsgálata alapján világossá vált, hogy a szilíciumkarbid szemcsék nikkel rétege és a mátrix reakcióba lép egymással és az elegendően nagy hőmérséklet és hosszú időnek köszönhetően intermetallikus fázisok jönnek létre a kerámia szemcsék és az alpmátrix határfelületén. Ezeknek a fázisoknak mind az összetétele, mind a mechanikai jellemzői, mind az elhelyezkedése lényeges, hiszen hatással vannak a kész kompozit termék tulajdonságaira. Ezért vizsgálatokat folytattam ezeknek a fázisoknak az azonosítására, amelyekhez SEM és XRD vizsgáló technikát használtam.

2. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Tézis. *Kísérletekkel igazoltam, hogy szilíciumkarbid szemcsék – amelyek kovalens kötésű, tetraéderes gyémánt szerkezetük miatt kémiaiilag inert felülettel rendelkeznek – kémiai nikkelezését megelőző savas felületaktiválása során (nátrium-hipofoszfít ($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 30 g/l, tejsav 98% ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) 20ml/l) szigetszerű, mintegy 3-4 nm vastagságú nátrium-hipofoszfít réteg képződik a SiC felületén, amely gyenge adhézióval kötődik a szubsztrát felületéhez és részleges rétegképződést eredményez a kémiai nikkelezés során (85°C-os savas nikkelfürdő³ esetén).*

1.1. *Az XPS (X-ray photoelectron spectroscopy = röntgen-fotoelektron-spektroszkópia) vizsgálat nagy érzékenységeinek köszönhetően kimutattam az előkezelő réteghez tartozó nátriumot és foszfort, s a kötési energiák alapján bebizonyítottam, hogy vegyületet képeznek, valamint, azt is, hogy elhelyezkedésük szigetszerű, melyek vastagsága az argon ionmaratás eredményei alapján kb. 3-4 nm.*

1.2. *A réteg gyenge felületi kötődését XPS-vizsgálattal igazoltam. Ugyanis, ha az előkezelést követően a mintákat 105°C-on 15 percig szárítjuk, akkor a nátrium-hipofoszfít kimutatható, míg a desztillált vizet egyszeri öblítést követően az XPS-spektrumban foszfor csúcs nem jelenik meg.*

³ Savas nikkelfürdő összetétele: Nikkel-szulfát, $\text{NiSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 28g/l; Nátrium-hipofoszfít $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30g/l; Nátrium-acetát-trihidrát; $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 35g/l; Tejsav, 80% 20ml/l.

2.Tézis. *A szakirodalomban szereplő megállapításokkal szemben (nevezetesen, hogy: a homogén SiO_2 fázis⁴ vagy oxo-karbid⁵ képződik a szilíciumkarbid oxidációja során) igazoltam, hogy a nem sztöchiometrikus SiC passzív oxidációja összetett folyamat, amelynek során először a karbon-többlet távozik el, majd α -krisztoballit képződik, ami α -tridimitté és hexagonális rácsszerkezetű szintetikus kvarccá alakul át. A kialakult oxidréteg teljes vastagsága 5-10 nm.*

2.1. *A nem sztöchiometrikus összetételű SiC szemcsék passzív oxidációjakor a réteg kiépülése csíráképződéses-növekedéses mechanizmussal megy végbe, amely fajlagos felületméréssel nyomon követhető, s két részfolyamat eredményeként alakul ki. Először a karbon-többlet távozik el CO és CO_2 formában, s az eltávozott karbon csoportok „krátereket” (mikro mélyedéseket) hagynak maguk után, melyek a kiinduló fajlagos felületértéket megnövelik. Az így szabadon maradt Si atomok az oxigénnel reakcióba lépve megkezdik a kráterek feltöltését szilícium-oxiddal, ami már a fajlagos felületcsökkenést vonja maga után.*

2.2. *Termo-gravimetriás és röntgen-diffrakciós vizsgálattal igazoltam, hogy a szilíciumkarbid szemcsék passzív oxidációjának eredményeként a szemcsék felületén krisztoballitot (Cristoballite) tartalmazó oxid réteg jön létre, mely 1100°C -on a monoklin rácsszerkezettel rendelkező α -tridimitté, illetve hexagonális rácsszerkezettel rendelkező szintetikus kvarccá alakul át.*

3.Tézis. *Kísérletekkel igazoltam, hogy savas és palládium-kloridos előkezelés nélkül kizárólag felületi oxidációval történő aktiválását követően a szemcsék felületén kémiai nikkelezés után (85°C -os savas nikkelfürdő) egyenletes, homogén eloszlású nikkel csírák jelennek meg.*

4.Tézis. *Kísérletileg igazoltam, hogy az inert felületű szilíciumkarbid szemcsék palládium-kloridos aktiválásának eredményeként elemi palládium csírák jönnek létre a kerámia szemcsék felületén, melyek, mint aktív centrumok elősegítik a kémiai nikkel fürdőből a fémréteg leválását, s így összefüggő tömör nikkel réteget hoznak létre a kerámia szubsztráton.*

4.1. *Az XPS mérési eredmények feldolgozásával kimutattam, hogy az aktiválást követően elemi palládium található a szemcsék felületén.*

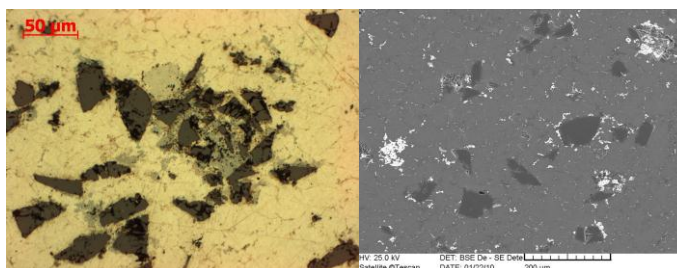
⁴ Urena, Martinez, E., Rodrigo, P., & Gil, L. (2004). Oxidation treatments for SiC particles used as reinforcement in aluminium matrix composites. *Composites Science & Technology* 64, 1843-1854.

⁵ Guerfia, K., Lagerge, S., Meziani, M., Nedellec, Y., & Chauveteau, G. (2005). Influence of the oxidation on the surface properties of silicon carbide. *Thermochimica Acta* 434, 140-149.

- 4.2. *A palládium-klorid segítségével felületaktivált kerámia szemcsék kémiai nikkelezésekor a fürdő optimális hőmérséklete a képződő rétegvastagság függvényében 45-60°C, ekkor összefüggő, tömör, alakkövető és egyenletes vastagságú nikkel bevonat jön létre (45°C-on 200-300 nm, 60°C-on 40-60nm vastagsággal).*

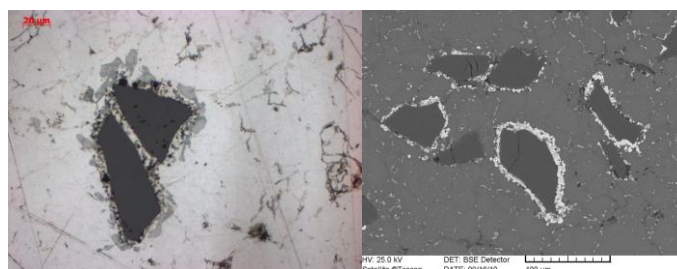
5.Tézis. Fény- és elektronmikroszkópos felvételekkel igazoltam, hogy a kémiailag nikkelezett SiC részecskékkel erősített Al-Cu-Si-Mg (Al 2014) kompozitokban szinterelés hatására Al-Ni intermetallikus vegyületfázisok jönnek létre, amelyek elhelyezkedése az előkezelés (savas, oxidos, palládiumos) aktiválási szintjének függvénye.

- 5.1. *Savas előkezelést követően (részleges aktiválás és így részleges felület bevonás valósul meg) különböző nikkel tartalmú intermetallikus vegyületfázis telepek jönnek létre az alapmátrixban, nagyjából távol a kerámia szemcséktől.*



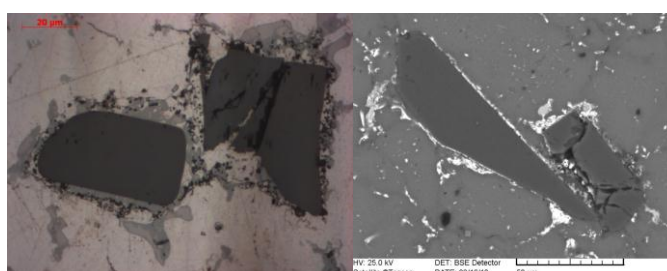
Nikkel tartalmú intermetallikus fázis telepek savas kompozitban

- 5.2. *Felületi oxidáció esetén a szemcsék körül jelennek meg az intermetallikus vegyületfázisok, melyek viszonylag egyenletes vastagságú udvarokat alkotnak a kerámia részecskék környezetében.*



Nikkel tartalmú intermetallikus fázis udvarok oxidos kompozitban

- 5.3. *Palládiumos aktiválásnál szintén a szemcsék felületén jelennek meg az intermetallikus vegyületfázisok, mennyiségükben és elhelyezkedésükben viszont eltérnek az oxidos kompozittól. Ekkor teljesen homogén, hártyszerű képződményekként fogják körül az erősítő szemcséket.*



Hártyszerűen elhelyezkedő nikkel tartalmú intermetallikus fázisok a palládiumosan aktiválásnál

4. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

Az elvégzett kísérletek értékeléséből származó eredmények hasznosíthatósága két részre osztható. Beszélhetünk ipari és oktatási célokra történő hasznosításról. Fontosságukat illetően elsőként a közvetlen ipari alkalmazást kell megemlíteni, ahol az új tudományos eredmények mindegyik pontja magába foglal olyan megállapításokat, melyek jól kiegészítik az eddigi ipari gyakorlatot. Ezek a következők:

- A savas előkezelésnél szükséges a hipofoszfát réteg rögzítése a nikkel-réteggépződés érdekében.
- A felületi oxidáció alkalmas előkezelőként a drága palládium-kloridos aktiválás helyett.
- A felületmódosított szemcsék kompozitokban történő alkalmazása intermetallikus vegyületfázisok megjelenését vonja maga után, melyek azonosítása és elhelyezkedésük jellemzése nélkülözhetetlen a kompozit anyagok fejlesztése során.

Az ipari alkalmazás mellett természetesen van oktatási hasznosítása is a disszertációban összefoglalt eredményeknek. Hiszen ezek az új információk beépíthetők az anyagmérnöki képzés tananyagába.

- A Fémötvözetek hőkezelése című tantárgy anyagába, amely az alumínium tulajdonságainak bemutatása, ötvözése és hőkezelése mellett a kompozit anyagokkal is megismerteti a hallgatókat, így ezek az ismeretek a jövő mérnökei számára nagy jelentőséggel bírnak.
- Emellett a Nanotechnológiai szakirányon oktatott Nanokompozit tantárgy eddigi ismeretanyagát is kibővíti, hiszen a kerámia szemcsék felületén kialakított előkezelő rétegek nanométeres vastagságúak, illetve a kémiai nikkelezés során is nano- illetve mikro-méteres bevonatok képződnek, melyek vizsgálata, jellemzése szintén része a tananyagának.
- A „Miskolci Egyetem Technológia- és Tudástranszfer Centrumának kialakítása és működése” című TÁMOP projekt keretében készülő Fémkompozitok című tankönyvben egy önálló fejezetben jelenik meg a disszertációban összefoglalt tudásanyag.
- A „Miskolci Egyetem Technológia- és Tudástranszfer Centrumának kialakítása és működése” című TÁMOP projektben vállalt Mérnöktovábbképző tanfolyam tananyagának kialakításában is fontos szerepet tölt be a korszerű, új anyagok bemutatása, amelyek közé tartoznak az összetett anyagok is, mint a felületkezelt részecskékkel erősített fémkompozitok.

5. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Folyóirat cikkek:

1. Judit Pázmán, Viktor Máдай, Zoltán Gácsi, Árpád Kovács: Arrangement of the Al-Ni phases in Al/SiC(Ni)_p composites; International Journal of Microstructure and Materials Properties; (elfogadva, publikálás alatt)
2. Judit Pázmán, Viktor Máдай, József Tóth, Zoltán Gácsi: Effect of the Interfacial Phases on the Mechanical Properties of Al/SiC(Ni)_p Composites; World PM 2010; Diamante A&T (elfogadva, publikálás alatt)
3. Pázmán Judit, Ferenczi Tibor, Kovács Árpád, Gácsi Zoltán: Szilícium-karbid-szemcsék kémiai nikkelezése, Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, vol. 141., no. 2., pp. 37-42., 2008.
4. Dr. Gergely Gréta, Maximus Andrea, Pázmán Judit, Dr. Gácsi Zoltán: Különleges anyagok és korszerű technológiák; Bányászati és Kohászati Lapok, 142. évfolyam, 4. szám, 31-36.

Konferencia kiadványokban publikált cikkek:

1. Judit Pázmán, Tibor Ferenczi, Tamás Török Dr. Zoltán Gácsi: Electroless nickel-phosphorus plating on SiC particles, microCad 2008, International Scientific Conference, 20-21 March 2008
2. Judit Pázmán, Tibor Ferenczi, Tamás Török, Zoltán Gácsi: Metal Matrix Composite with Electroless Nickel Plated SiC. Euro PM2008 International Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Rosengarten Congress Centre, Mannheim, Germany, 29 September-1 October, 2008, Conference Proceedings, pp. 179- 184.
3. Pázmán Judit - Ferenczi Tibor - Török Tamás - Gácsi Zoltán: Improving the Interfacial Metal-Ceramics Bond of Metal Matrix Composites with Electroless Nickel Plating. In: 5th International Powder Metallurgy Conference: October 08-12, 2008, Ankara, Turkey. Ankara: Turkish Powder Metallurgy Assoc., 2009. International Powder Metallurgy Conference (5.) (2008) (Ankara)
4. Judit Pázmán, József Tóth, Zoltán Gácsi Dr.: Electroless nickel plating of SiC particles with PdCl₂ activation; microCad 2009, International Scientific Conference, 19-20 March 2009
5. Judit Pázmán, Viktor Máдай, József Tóth, Zoltán Gácsi Dr.: Electroless Nickel Plating with Different Pre-treatments on Silicon Carbide Particles; Euro PM2009

International Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Bella Centre Copenhagen Denmark; 12-14 October 2009; EuroPM2009 Proceedings Vol1, p377-382.

6. Gácsi Zoltán - Gergely Gréta - Makszimus, Andrea - Pázmán Judit - Póliska Csaba: Korszerű anyagok és különleges technológiák. In: XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia: 2009. április 2-5., Máramarossziget. Kolozsvár: EMT, 2009. p. 15-23. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia (11.) (2009) (Máramarossziget)
7. Judit Pázmán, Viktor Mádai, József Tóth, Zoltán Gácsi: Effect of the Interfacial Phases on the Mechanical Properties of Al/SiC(Ni)_p Composites; World PM 2010, 10th-14th October 2010, Florence, Italy; World PM 2010 Proceedings Volume 4, 87-94;

Nemzetközi konferencia előadások

1. Judit Pázmán, Tibor Ferenczi, Tamás Török Dr. Zoltán Gácsi: Electroless nickel-phosphorus plating on SiC particles, microCad 2008, International Scientific Conference, 20-21 March 2008; (szóbeli előadás)
2. Judit Pázmán, Tibor Ferenczi, Tamás Török, Zoltán Gácsi: Metal Matrix Composite with Electroless Nickel Plated SiC. Euro PM2008 International Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Rosengarten Congress Centre, Mannheim, Germany, 29 September-1 October, 2008 (poszter előadás)
3. Pázmán Judit - Ferenczi Tibor - Török Tamás - Gácsi Zoltán: Improving the Interfacial Metal-Ceramics Bond of Metal Matrix Composites with Electroless Nickel Plating. In: 5th International Powder Metallurgy Conference: October 08-12, 2008, Ankara, Turkey. Ankara: Turkish Powder Metallurgy Assoc., 2009. International Powder Metallurgy Conference (5.) (2008) (Ankara) (szóbeli előadás)
4. Judit Pázmán, József Tóth, Zoltán Gácsi Dr.: Electroless nickel plating of SiC particles with PdCl₂ activation; microCad 2009, International Scientific Conference, 19-20 March 2009 (szóbeli előadás)
5. Judit Pázmán, Viktor Mádai, József Tóth, Zoltán Gácsi Dr.: Electroless Nickel Plating with Different Pre-treatments on Silicon Carbide Particles; Euro PM2009 International Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Bella Centre Copenhagen Denmark; 12-14 October 2009; (poszter előadás)
6. Gácsi Zoltán - Gergely Gréta - Makszimus, Andrea - Pázmán Judit - Póliska Csaba: Korszerű anyagok és különleges technológiák. In: XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia: 2009. április 2-5., Máramarossziget. (szóbeli előadás)

7. Judit Pázmán, Viktor Márai, József Tóth, Zoltán Gácsi: Effect of the Interfacial Phases on the Mechanical Properties of Al/SiC(Ni)_p Composites; World PM 2010, 10th-14th October 2010, Florence, Italy; (szóbeli előadás)
8. Judit Pázmán, Viktor Márai, József Tóth, Zoltán Gácsi: Production and Investigation of Al/SiC(Ni)_p Composites; 15th International Metallurgy & Materials Congress, 11th-13th November 2010, Istanbul, Turkey; (szóbeli előadás)