

## **Záró beszámoló**

**a “Lézersugaras felületötvözéssel, illetve kiegészítő hőkezeléssel létrehozott in-situ vegyületfázisok képződési mechanizmusának vizsgálata” című kutatási projektről**

OTKA-azonosító: 82064

Vezető kutató:

**Prof. Dr. Buza Gábor**

Budapest, 2014. október. 15.

*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.*

*Anyagtudományi és Technológiai Intézet (BAY-ATI)*

## 1. A projekt kutatási eseményeinek rövid szöveges összefoglalása

A nevezett OTKA kutatási projekt keretében a fémolvadékokban komponenseikből, (in-situ) reakció útján keletkező vegyületfázisok csíráképződését és növekedését vizsgáltuk. Korábbi vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy több komponensű fémolvadék rendszerekben a vegyületfázisok növekedésük során változtatják szerkezetüket. Kísérleteink során megfigyeltük, hogy ezek a vegyületfázisok jellemzően kisebbek 3 mikrométernél, gyakorta nm nagyságrendű mérettel jellemezhetők. Egyes ipari alkalmazás esetén szükséges azt tudni, hogy a vegyületfázisok csíráképződését és növekedését milyen tényezőkkel, milyen mértékben lehet befolyásolni. Általános elvként tudjuk, hogy a szemcseszerkezet finomodásával a mechanikai tulajdonságok általában javulnak, a szerkezeti anyag ellenálló képessége növekszik. Kutatási eredményeinkkel a fémes szerkezeti anyagok új típusainak szerkezetének kialakulásáról és alkalmazási lehetőségeiről szereztünk új ismereteket.

### 1.1 Az első kutatási évben elért eredmények összefoglalása

A projekt első évében a feladatokat két csoportra osztottuk. Az egyik a kísérleti feltételek megteremtése, vagyis a projekt munkájának megalapozása, a másik a vizsgálótechnikák fejlesztése, illetve előkísérletek végzése.

Projekt munkájának megalapozása érdekében speciális, nagyteljesítményű lézersugaras felületkezelésre alkalmas, koaxiális elrendezésű, egyedi lézerfejet terveztünk és építettünk. Ezzel sikeres ötvözési előkísérleteket hajtottunk végre.

Az előkísérletek a fém-oxigén típusú (esetünkben  $Al_2O_3$ ) fázis képződésének vizsgálatára irányultak. A mikroszkópi vizsgálatok (különösen a TEM) eredményei igazolták az in-situ vegyületképződés folyamatát az acéolvadékokban. Az alumínium és az oxigén egyidejű olvadékba juttatásának technológiája mellett elkezdtük a nemfémes komponens szilárd halmazállapotú mátrixban történő diffundáltatásának technológiai kísérleteit is.

Az előkísérleteket acél alapanyagon hajtottuk végre. Az elért eredményekről szakmai cikk is született, ami a Journal of Materials Processing Technology-ban jelent meg.

***O. Verezub, Z. Kálazi, A. Sytcheva, L. Kuzsella, G. Buza, N.V. Verezub, A. Fedorov, G. Kaptay, „Performance of a cutting tool made of steel matrix surface nano-composite produced by in situ laser melt injection technology” Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) 750–758***

### 2.1 A második kutatási évben elért eredmények összefoglalása

A projekt második évében a kutatási tervhez képest kísérleteinket kiterjesztettük és előzetesen nióbbium illetve ferro-nióbbium ötvözés segítségével létrehozott Nb(C,N) erősítésű kompozit réteg egy előállítási módját vizsgáltuk.

A kísérleteket 6 mm vastag, kis karbontartalmú szerkezeti acélon végeztük. A kísérletek során Nb-ot illetve ferro-nióbiumot injektáltunk a lézersugár által megolvasztott acéltöcsába, ahol az erősítő fázis, szilárd állapotban, utólagos termokémiai hőkezelés (karbonitridálás) útján képződött.

A karbonitridálási kísérleteket megelőzően a poradagolás eredményességét energiadiszipatív kémiai összetétel meghatározás segítségével határoztuk meg.

Az eredmények tükrében kijelenthető, hogy az alkalmazott porok közül a felületi rétegben a Nb tartalom a ferro-nióbium alkalmazásakor 3-4% körül adódott, míg tiszta Nb por esetében a felületi rétegben Nb tartalom nem volt mérhető. A lézersugaras ötvözést követő hőkezelés hatására a réteg keménysége duplájára nőtt az alapanyaghoz képest.

A fenti kísérletek eredményeiről szakmai cikk született, ami a XXV. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia kiadványában jelent meg.

**Janó Viktória, Buza Gábor, Szilágyiné Biró Andrea, Dr. Tisza Miklós: In situ kompozit rétegek létrehozásának lehetőségei, XXV. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia és Szakkiállítás, ISBN 978-963-9915-48-0, 2012, p. 200-2007**

### **3.1 A harmadik kutatási évben elért eredmények összefoglalása**

A kísérleti terv második évében bemutatott sikeres eredményekre alapozva határoztuk meg a projekt harmadik évében elvégzendő kísérleteinket.

A kísérletek célja a tömbi anyaghoz képest, a réteg tulajdonságait kedvezőbbé tevő, apró, egyenletes méret és területi eloszlású kompozit szerkezetek létrehozása volt, mely során a kompozit rétegben kialakuló kerámiának a fém komponensét jutattuk a fémolvadékba, majd ezt követően szilárd fázisú karbonitridálással alakítottuk ki a Nb(C,N) erősítésű réteget.

A karbonitridálást megelőző lépésként a réteg Nb tartalmát ferro-nióbium injektálásával valósítottuk meg – az előző évben elvégzett kísérletekre alapozva – azokkal az ötvözési (lézersugaras technológiai) paraméterekkel, melyekkel elegendő Nb tartalmú réteget tudtunk létrehozni. A kísérletekhez nitridálható alapanyagot (16MnCr5), illetve összehasonlításként egy olyan acél típust választottunk, ami nem tartalmaz Cr-ot (S235J). A minták szövetszerkezetét optikai mikroszkóp (OM) és pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) segítségével, kémiai összetételét energiadiszipatív röntgen (EDS) analizátorral vizsgáltuk.

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy

- ✓ A ferro-nióbiummal való lézersugaras felületötvözés egyaránt alkalmas lehet eredetileg nem nitridálható vagy nitridálható acélból készült, nitridált, de használat közben kopott alkatrészek nitridálhatóvá tételére, illetve újbóli nitridálására. Az egy lépéses felületötvözéshez ~70µm-es, töredezett ferro-niobium por alkalmazható. A réteg ötvözöttségének mértéke 1-10 m/m% közötti koncentráció tartományban jól szabályozható.

- ✓ A karbonitridálás előtti ferro-nióbiummal, illetve nióbiummal való ötvözésnek két fontos előnye van:
  - a) nem nitridálható acélok esetén a Nb-nak karbid- és nitridképző hajlama egyaránt érvényesül;
  - b) a nitridálható acélok Nb-mal való ötvözésekor érvényesül a nitridálható acélban már eleve jelenlévő Cr, Mo, V és Al valamint a Nb közötti szinergikus hatás. Irodalmi adatok szerint ugyanis a karbonitridált réteg tulajdonságai kedvezőbbek akkor, ha egyidejűleg többféle karbidképző elem van jelen.

A kapott eredményeket a IX. Országos Anyagtudományi Konferencián (2013.10.13-15) mutattuk be. A kézirat megjelenés alatt áll.

***Viktória Janó: Ceramic reinforced metal matrix nano- and micro-composite layers produced by combined laser melt injection technology and thermochemical surface treatment, Materials Science Forum***

Ugyanakkor ebben az évben jelent meg a VII. Országos Anyagtudományi Konferencia kötete, amiben az alábbi szakmai cikk jelent meg a kutatási témában.

***Viktória Janó, Gábor Buza: The role of the displacement reaction in the production of surface composite layer, Materials Science Forum Vol. 729, pp.320-325 (2013)***

#### **4.1 A negyedik kutatási évben elért eredmények összefoglalása**

A harmadik kutatási évben elért pozitív eredmények a kutatási irány folytatását, erősítését indokolták. Célszerűnek látszott a további kísérleteket a Nb kedvező hatásaira alapozni.

Ennek keretében a lézersugárral létrehozott rétegbe juttatott por (fém, ötvözet, vegyület) mennyiségének kézben tarthatóságára irányultak a kísérletek. Igazolódott, hogy a por fajták fémolvadékban oldódásának kinetikája számos jellemzőtől függ (különösen az oldódási sebességtől és az áramlási jellemzőktől). Ezek a kísérletek technikai és technológiai jellegű fejlesztéseket egyaránt igényelnek.

A kutatásoknak ez az iránya a jelen OTKA projekt befejeződését követően is nagy valószínűséggel megmarad.

A jelen OTKA projekthez szervesen kötődik az egyik résztvevő, **Janó Viktória PhD** munkája. Az értekezés indíttatása és tartalma jelentős mértékben egyezik a projekt céljával. A jelölt „Fém-kerámia nano- és mikrokompózit rétegek in situ előállítása lézersugaras technológiával,” című értekezését a BME Gépészmérnöki Karán 2014. június 6-án sikeresen (29/30) megvédte.

## **2. A kutatómunkában részt vevők személyében beálló változások**

### **5.1 2010-07-01 - 2011-06-30:**

A fent megjelölt időszakban két személyi változás történt, melyek nem befolyásolták a kutatás előrehaladását.

- a) Kálazi Zoltán kapott fizetés nélküli szabadságot. Ezt hivatalosan is jeleztük az OTKA-nak. A munkáit Abaffy Károly vette át. Az engedélyt megkaptuk.
- b) Verezub Olga munkaviszonya a Miskolci Egyetemen megszűnt.

### **2.2. 2011-07-01 - 2012-06-30:**

A fent megjelölt időszakban két személyi változás történt, melyek nem befolyásolták a kutatás előrehaladását.

- c) Abaffy Károly munkaviszonya megszűnt és munkáját helyette Kenderi László látja el.

Az utolsó, egyébként a dokumentációkat rendben találó ellenőrzés (2013. 06. 25.; Nagy Erika) óta személyi változás a projekt elszámolásával összefüggésben nem volt.

## **3. A költségtervtől való eltérések**

Az eredeti költségkeretet a projekt végeztével sem léptük túl. A részletes adatokat az intézményünk gazdasági vezetése szolgáltatja.

Buza Gábor