

**Maksa Zsolt**  
**2017/18 I. félévi munkabeszámoló**

PhD munka témája: *Nagyentrópiás ötvözeteken alapuló kompozitok előállítása és vizsgálata*  
Anyagtudomány doktori program

**Bevezetés**

A WC, illetve TiC alapú kompozit anyagokat már a XX. század közepe óta használták Co kötőanyaggal, azonban a belélegezhető Co por komoly egészségügyi kockázata miatt, a legtöbb országban tiltólistán szerepel.

A nagyentrópiás ötvözetek (HEA-k) tulajdonságainak tervezhetőségét kihasználva olyan összetételek meghatározását tűztem célul, amelyek alkalmasak lehetnek a Co kiváltására a vágó-forgácsoló szerszámok készítésénél ismert kompozit anyagokban. Az ilyen anyagok magas hőmérsékleten is megőrzik szilárdságukat. A felhasználhatóság szempontjából egy releváns követelmény, hogy minél magasabb hőmérsékletekig megtartsa szívósságát a kötőanyagként használt HEA. Ezen igény teljesítésére az eddigiekhez képest új -ikresedést mutató- ötvözeteket készítettem, melyek alkalmazása a kompozitok készítésénél, illetve a kapott tulajdonságok vizsgálata a PhD munkám során történik.

**Az aktuális félévben elvégzett kutatások**

Az aktuális félévi munkám során olyan többfázisú (FCC + HCP) szerkezeteket próbáltunk előállítani, melyek az alacsony rétegződési-hiba energia miatt ikresedésre hajlamosak, így szívós, és jó kötőanyagként viselkednek a plasztikus deformáció során. A HEA-k esetén tapasztalt ikresedés indukálta plaszticitás (TWIP) jelenség kihasználása a célunk. Ennek érdekében a következő kétfázisú (FCC/BCC + HCP) ötvözeteket készítettem az MTA Wigner intézetében:

Ni<sub>20</sub>Fe<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub>Cr<sub>20</sub>Al<sub>20</sub>,

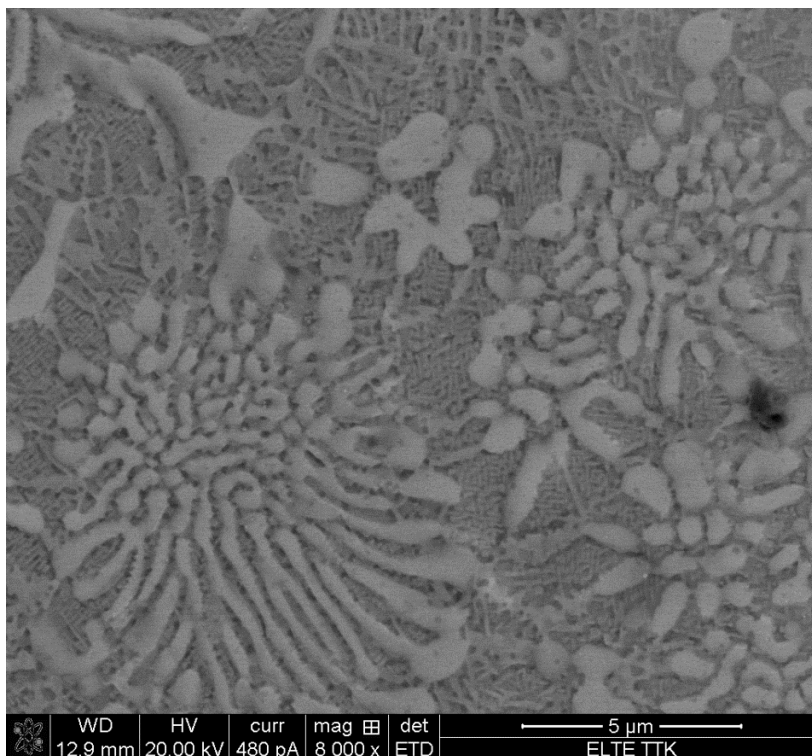
Ni<sub>25</sub>Co<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Nb<sub>12.5</sub>Ti<sub>12.5</sub>,

Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub>.

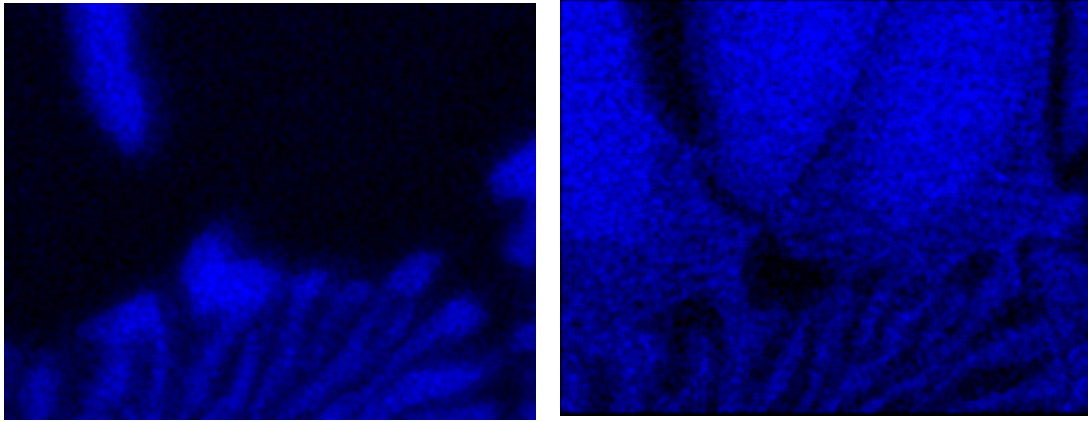
A Ni<sub>25</sub>Co<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Nb<sub>12.5</sub>Ti<sub>12.5</sub> és a Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub> összetételű ötvözetek Nb-ot is tartalmaznak. Ezzel a kompozit másik fázisához - a NbC kemény

összetevőhöz - való jobb kötődést, nedvesítést szeretnénk elősegíteni. Ezen ötvözetek porrá őrlése, kompozittá keverése, préselése és szinterelése történt meg. Sikeresen megvalósítottuk a szinterelődés folyamatának in-situ nyomonkövetését a térfogat változásának mérésével a hőmérséklet függvényében az ELTE Seteam DTA-kaloriméterében. Ez azért előnyös, mert ezzel az eszközzel az egyes ragasztó HEA-k olvadáspontjait is meg tudjuk határozni. Az olvadáspont ismerete (lehetőleg ugyanabban a mérési elrendezésben) azért fontos, mert a szinterelés folyadék fázisban történik, ahol a kötőanyagként használt (binder) HEA teljesen olvadt állapotban van, egyébként a kompozit porozitása túl nagy marad. Ez kulcsfontosságú paraméter az anyag stabilitása szempontjából.

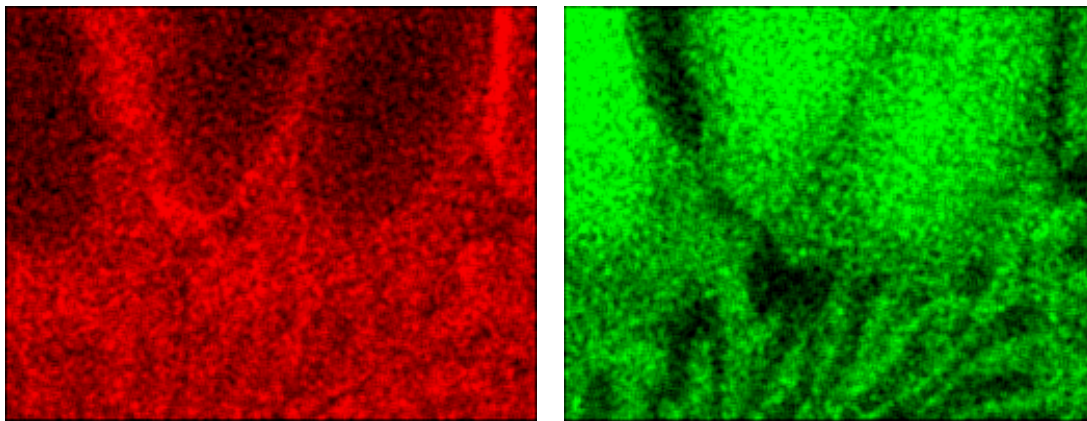
A legjobb porozitási és mechanikai tulajdonságokat mutató Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub> ötvözetet részletesebben is vizsgáltuk, vizsgáljuk, pásztázó elektronmikroszkópia (SEM), energia diszperzív röntgen (EDX) és visszaszórt-elektron diffrakció (EBSD) módszerekkel. Az így kapott elem- és fázistérképből kiderült, hogy az ötvözet valóban kétfázisú (BCC + HCP), ami megfelel az elméleti szimulációs módszerrel jóslott kétfázisú várákosoknak. Ezt az eredményt XRD vonalprofil analízissel is megerősítettük.



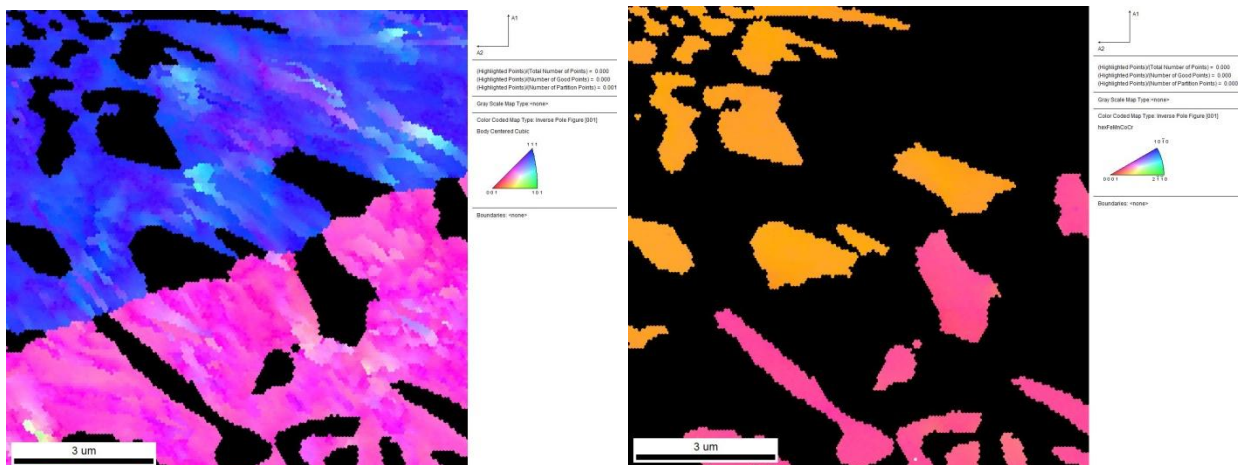
A Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub> összetételű ragasztó HEA SEM képe. Jól láthatók a különböző fázisok.



A Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub> összetételű HEA ötvözet Nb és Ni eloszlása, EDX elem térképen.



A Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub> összetételű HEA ötvözet Fe és Al eloszlása, EDX elem térképen.



BCC (balra) és HCP (jobbra) fázisok (EBSD) térképen.

Az előzetes eredmények a kompozit magas hőmérsékleti viselkedése szempontjából kedvezőnek tekinthetők. Egyrészt a ragasztó HEA magas olvadáspontja, másrészt kétfázisú

tulajdonsága miatt mechanikailag szívós, nehezen törő, nagy kopásállóságú szerszám alapanyagának bizonyul az általunk vizsgált (Ni<sub>25</sub>Fe<sub>25</sub>Mn<sub>15</sub>Cr<sub>10</sub>Nb<sub>5</sub>Ti<sub>5</sub>Al<sub>15</sub>) 20% + NbC 80% (m/m %) összetételű kompozit.

A TWIP (ikresedés indukálta plaszticitás) vizsgálatát közösen végezzük a KTH Stockholm egyetem egyik kutatócsoportjával, ahol az elméleti szimulációs DFT/EMTO-CPA kutatások folynak professzor Vitos Levente vezetésével. Az MTA Wigner–FK biztosítja a minták előállítását és a vizsgálati háttérrel Dr. Varga Lajos Károly irányításával. Az ELTE Anyagfizikai tanszék részéről Dr. Nguyen Quang Chinh, Kovács Alajos és Vida Ádám vesznek még részt a kutatásban.

### **Publikálási tevékenység**

- 1) Előkészületben van egy cikk kézírata. Címe: HIGH-ENTROPY ALLOY AS BINDER PHASE IN HARD COMPOSITES. Várható benyújtás: 2018 február.
- 2) Á. Vida, D. Molnár, S. Huang, Zs. Maksa, N. Q. Chinh, L. K. Varga, L. Vitos: Evolution of the phase structure after different heat treatments in NiCoFeCrGa High Entropy Alloy, submitted to Journal of Materials Science (2017).

### **Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben**

Diffrakciós módszerek az anyagtudományban I.

Tömbi nanoszerkezetű anyagok

### **Konferencia részvétel**

XI. Seminar for Central European PhD Students in Materials Science,

TU Wien, (2017 november 9-10).

### **Oktatási tevékenység az aktuális félévben**

Klasszikus fizika laborgyakorlat vezetése (4 óra/hét).