

Maksa Zsolt

2016/17 I. félévi munkabeszámoló

Téma: Nagyentrópiás ötvözeteken alapuló kompozitok előállítás és vizsgálata

Anyagtudomány doktori program

A nagyentrópiás ötvözetek (angolul: High Entropy Alloys), röviden HEA-k [1,3], minimálisan négy főbb összetevő elemet tartalmaznak, nagy (általában 5-35 atomszázalék közötti) koncentrációban. Ezen főbb összetevők szobahőmérsékleten is stabil egyfázisú szilárd oldatot alkothatnak, ami egy magas entrópiájú állapotot jelent. Kutatómunkám célja ezen viszonylag új elv alapján készült ötvözetek kötőanyagként történő alkalmazása kompozit anyagokban. Kihasnálva tulajdonságaik tervezhetőségét hidegtégelyes öntéssel olyan ötvözeteket terveztünk előállítani, amelyek alkalmasak lehetnek az eddigiekben leggyakrabban használt, mérgező hatású Co kiváltására, továbbá, magas hőmérsékleten is megőrzik szilárdságukat. Az eddigi szakirodalomból hiányzik a HEA-k jól ismert kiváló mechanikai tulajdonságainak fokozása kompozit mátrixként való alkalmazásban fém-fém, illetve fém-kerámia összetételben. A W-C, illetve Ti-C alapú kompozit anyagokat már a XX. század közepe óta használták Co por kötőanyaggal. Azonban, a belélegezhető Co por komoly egészségügyi kockázata (rákkeltő) miatt, a legtöbb országban tiltólistán szerepel. Ennek kiküszöbölése céljából használtam HEA port kötőanyag összetevőként, a W-C helyett pedig Nb-C és/vagy Ti-C kemény összetevőt alkalmaztam a mechanikai szilárdság és kopásállóság fokozása érdekében. További célom a mikro-szerkezet és a mechanikai tulajdonságok közötti összefüggés tanulmányozása.

A kutatómunkám első lépéseként $Ni_{24}Co_{24}Fe_{24}Cr_{8.7}Al_{18}Zr_{1}B_{0.3}$ és $Ni_{25}Fe_{25}Mn_{15}Cr_{10}Nb_{5}Ti_{5}Al_{15}$ összetételű többfázisú ötvözeteket állítottam elő. Azon elméleti megfontolás vezetett, miszerint a kobalt is többfázisú (FCC + HCP) szerkezetben lehet jelen. Továbbá, alacsony a rétegződési-hiba energiája, ami miatt ikresedésre hajlamos a plasztikus deformáció során, ezért szívós, és jó kötőanyagként viselkedik. Ennek ismeretében a HEA kötőanyagként történő alkalmazhatóságának egyik feltétele, hogy a HEA többfázisú legyen. Ezt a feltételt a valencia elektron koncentráció (VEC) [2] értéke alapján biztosítottam az összetétel megválasztásával. A másik feltétel pedig az, hogy a HEA a Nb-C részecskékkel szemben nedvesítő legyen. Ennek ellenőrzésére pasztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatokat végeztem. Számításaim szerint a HEA és a Nb-C sűrűsége közelebb van egymáshoz, mint a W-C és a Co-é, így a szakítószilárdságuk sem különbözik annyira, ezért jobb mechanikai tulajdonságokat várok.

A $Ni_{24}Co_{24}Fe_{24}Cr_{8.7}Al_{18}Zr_{1}B_{0.3}$ összetételű tömbi HEA öntecset golyósmalomban mikron méretű porrá őröltem, majd 20 wt% HEA + 80 wt% NbC arányban összeállítottam az alapanyagot. A NbC por minőségét röntgen diffrakciós (XRD) vizsgálattal ellenőriztem. A porok egyenletes keveredését további, együttes őrléssel biztosítottam. A mintákat ez után hengeres hasáb alakúra préseltem, 100 kN nyomóerővel, 60 sec ideig. Síkosító anyagként polivinil alkoholt kevertem a préselendő porhoz. A kompaktálási arány ~75 vol% lett, amelyet He-piknométerrel mértem. Terveim között szerepel a kompaktálási arány további javítása, mivel ennek fontos hatása van a következő lépésben történő szinterelés hatékonyságára. Ezzel a végtermék tömörsége, így a szilárdsága is javítható. A folyadékfázisú

szinterelést [4] a HEA olvadáspontja fölött néhány Celsius fokkal végeztem, argon inert-atmoszféra alatt. A folyamat során az olvadt állapotú HEA a nedvesítés miatt - kapillaritási elven - körbefolyja a szilárd NbC szemcséket. További tervem a nedvesítés mérése és hatásfokának javítása az alapanyagok változtatásával. A szinterelés hőmérséklete 1400 °C volt (ezt egy az olvadáspontot becslő program segítségével határoztam meg), 120 perc hőntartás és 3 °C/min fűtési sebesség mellett. A szinterelés legoptimálisabb módjának megtalálása folyamatban van. Előzetes eredmények azt mutatják, hogy a fent említett összetételű kompozit anyag keménysége elérheti a 7000 MPa értéket. Összehasonlításképpen az üveg keménysége ~6000 MPa.

A Ni₂₅Fe₂₅Mn₁₅Cr₁₀Nb₅Ti₅Al₁₅ alapú kompozit esetén a tömörítési arány már ~87 % lett, a szinterelés hőmérséklete 1450 °C volt, 60 perc hőntartás és 5 °C/min fűtési sebesség mellett. A keménysége közel 10000 MPa értéknek adódott. Eddigi tapasztalataim azt mutatják, hogy a tömörítési arány, a szinterelés módja és a nedvesítés a legfontosabb tényezők.

A kutatómunkám egy jelenleg is folyó (K109570 sz.) OTKA pályázat keretében zajlik. Ebben az OTKA pályázatban három helyről - a Wigner FK SzFI-ből, az ELTE Anyagfizika Tanszékéről és a Stockholmi KTH-ről - vesznek részt kutatók.

A Wigner Fizikai Kutatóközpont jóvoltából lehetőségem volt részt venni a Mátrafüreden rendezett „Conference on Magneto-mechanical properties of functional materials” című workshopon, ahol többek között a KTH Stokholm-ban tevékenykedő elméleti csoport munkatársai is meghívottként szerepeltek.

Terveink közt szerepel az eddigi eredmények szakfolyóiratban történő publikálása, valamint a fentiekben említett paraméterek javítása, és további ötvözet variációk kipróbálása, kiértékelése.

Irodalom:

- [1] High Entropy Alloys. B.S. Murty, Jien-Wei Yeh and S. Ranganathan, Elsevier Amsterdam (2014).
- [2] Mizutani U, Hume-Rothery rules for structurally complex alloy phases. CRC Press, Boca Raton (2011).
- [3] High-Entropy Alloys: Fundamentals and Applications edited by Michael C. Gao, Jien-Wei Yeh, Peter K. Liaw, Yong Zhang, Springer (2016).
- [4] Cermets: II, Wettability and Microstructure Studies in Liquid-Phase Sintering, N. M. PARIKH, M. HUMENIK, JR., Scientific Laboratory, Ford Motor Company, Dearborn, Michigan (1957).

Budapest, 2017. 01. 06.

Maksa Zsolt

Elérhetőségem: makszas@caesar.elte.hu