



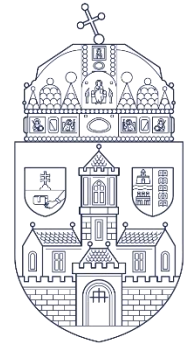
NEUMANN JÁNOS EGYETEM



INNOVATÍV JÁRMŰVEK ÉS
ANYAGOK TANSZÉK



Bay Zoltán
Alkalmazott Kutatási
Közhasznú Nonprofit Kft.



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

NAGYENTRÓPIÁS ÖTVÖZETEK ALKALMAZHATÓSÁGA KOPÁSNAK KITETT FELÜLETEK ESETÉBEN

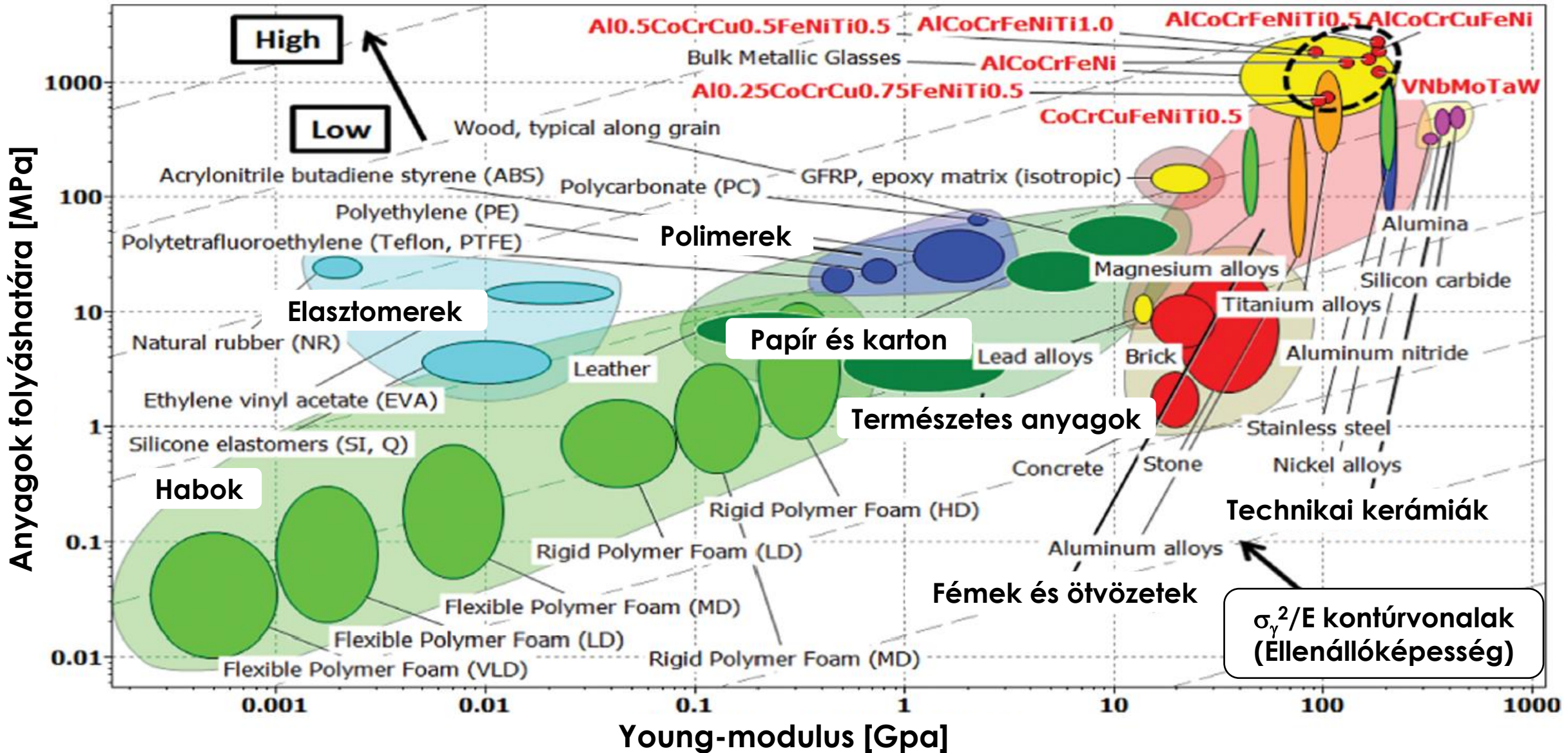
HAREANCZ FERENC

1. FÉLÉVES DOKTORANDUSZ HALLGATÓ
ÓBUDAI EGYETEM - ANYAGTUDOMÁNYOK ÉS TECHNOLOGIÁK DOKTORI ISKOLA

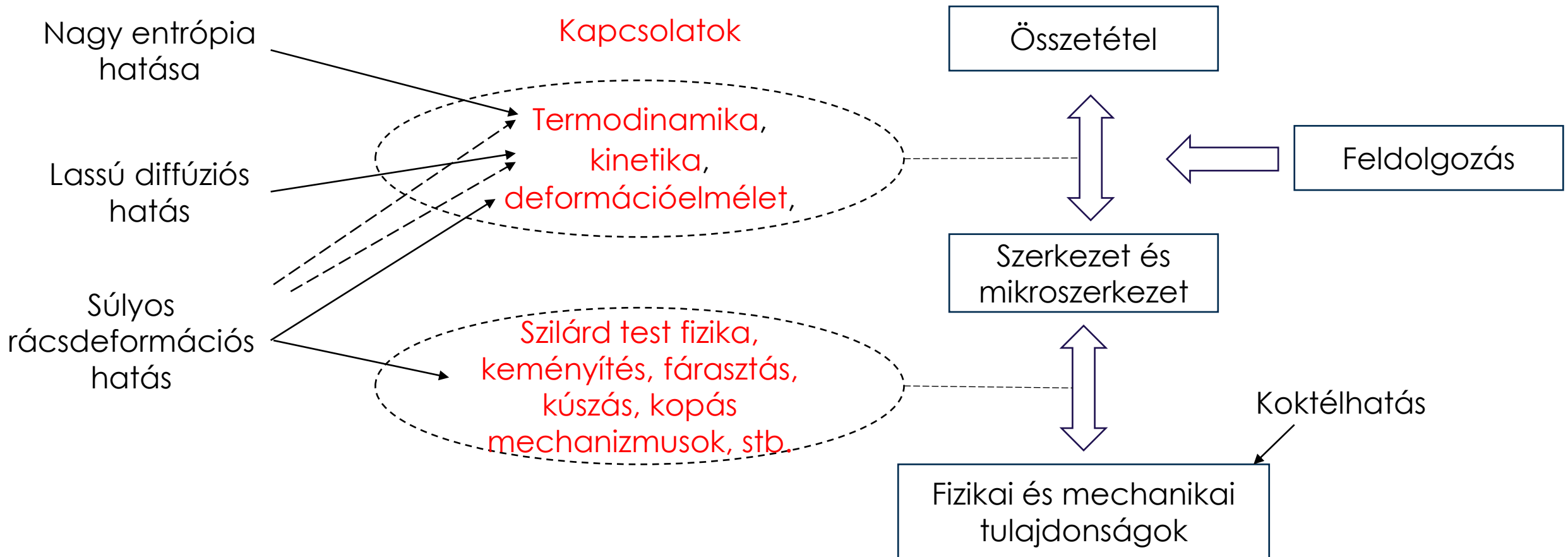
TÉMAVEZETŐK:
DR. FÁBIÁN ENIKŐ RÉKA, DR. VIDA ÁDÁM

2024.

Bevezetés



A HEA alapvető hatásai és a tulajdonságok közötti kapcsolat



Nagy entrópia hatása

- A nagy entrópia hozzájárul a szilárd oldatok termodinamikai stabilitásához, csökkentve a komplex intermetallikus fázisok kialakulásának valószínűségét.
- A nagy entrópia hatására módosulhatnak a hagyományos fázisdiagramok, így szélesebb összetétel-tartományban alakulhatnak ki stabil szilárd oldatok.
- A nagy entrópiás ötvözetek gyakran stabilizálódnak nagy szimmetriájú kristályszerkezetekben, mint például az FCC vagy BCC szerkezetek.
- Az ötvözetek általában nagy olvadáspontúak és jól ellenállnak a hőmérséklet növekedés által kiváltott változásoknak, részben a nagy entrópia által biztosított termikus stabilitás miatt. Ezért használhatóak nagy hőmérsékletű alkalmazásokra.

Lassú diffúzió hatása

- A lassú diffúzió hatása miatt a fázisátalakulások és a szemcsehatármenti kiválás lelassulnak. Ez hosszabb időtartamú hőkezeléseket tesz lehetővé anélkül, hogy az anyag mikrostruktúrája jelentős változásokon menne keresztül.
- A lassú atomi mozgás elősegíti a mikrostruktúra homogenitásának megőrzését, mivel kevésbé valószínű a gyors szegregáció vagy elemek koncentrációja bizonyos területeken.
- A lassú diffúzió növelheti az ötvözetek hőmérsékleti stabilitását, így alkalmassá teszi őket nagy hőmérsékletű alkalmazásokra.
- A lassú diffúzió befolyásolja az ötvözetek öregedési folyamatát és ezen keresztül a mechanikai tulajdonságokat is. A lassú diffúzió lehetővé teszi az ötvözet szilárdságának és keménységének fokozatos növelését az öregedés során, anélkül, hogy az rideggé válna.
- A diffúziós sebességek csökkenése csökkentheti a korrozív elemek migrációját, ezáltal javíthatja az ötvözetek korrozív ellenálló képességét.

Rácstorzulás hatása

- Nagy-entrópiás ötvözetek összetevői különböző atomméretűek, ami inhomogén atomi eloszlást okoz a kristályrácsban. Amikor ezek a különböző méretű atomok a rács különböző helyein helyezkednek el, feszültségek és torzulások keletkeznek, amelyek hatással vannak az anyag tulajdonságaira.
- A rácstorzulás jelentősége az, hogy befolyásolja az anyag deformációs mechanizmusait, például a diszlokáció mozgását.
- Rácstorzulás közvetlenül hozzájárul az ötvözetek nagy szakítószilárdságához és fáradással szembeni ellenálláshoz.
- Továbbá, a rácstorzulás hatása szerepet játszik az elektronok szabad mozgásában is, ami befolyásolhatja az anyag elektromos és termikus vezetési tulajdonságait. Az elektronok akadályozott mozgása csökkentheti az elektromos vezetőképességet, de ugyanakkor javíthatja az anyag korrózióállóságát.
- A nagymértékű rácstorzulás hatását kísérleti és számítógépes szimulációkkal tanulmányozzák, hogy jobban megértsék az atomi szintű kölcsönhatásokat és azok hatását az anyag makroszkopikus tulajdonságaira.

Koktél hatás

- Az ötvözőelemek kölcsönhatásai összetett és nem lineáris módon befolyásolják az ötvözet tulajdonságait, beleértve a mechanikai, termikus, elektromos, mágneses és korróziós viselkedést.
- Az ötvözőelemek egyedülálló kombinációi befolyásolhatják az ötvözet mikroszerkezeti alakulását, például a szemcseméretet és a szemcsehatárok jellegét.
- Az ötvözőelemek egyensúlya és nagy konfigurációs entrópia hajlamosít a fázisstabilitásra, csökkenti a fázis módosulás hajlamát, és hozzájárul az ötvözetek homogenitásához.
- A koktélhatás hozzájárulhat az ötvözetek korrózióállóságának javításához azzal, hogy növeli a korróziós médiumokkal szembeni ellenálló képességet.
- Az ötvözőelemek sokszínűsége egyedülálló elektromos, termikus és mágneses tulajdonságokat eredményezhet, amelyeket más ötvözetekben nehéz lenne elérni.

Összetevő elemek

Szilárd halmazállapotban
keverés

Mechanikai ötvözés

Folyékony
halmazállapotban
keverés

Ív-olvasztás
Bridgman-módszer
Lézeres bevonatképzés

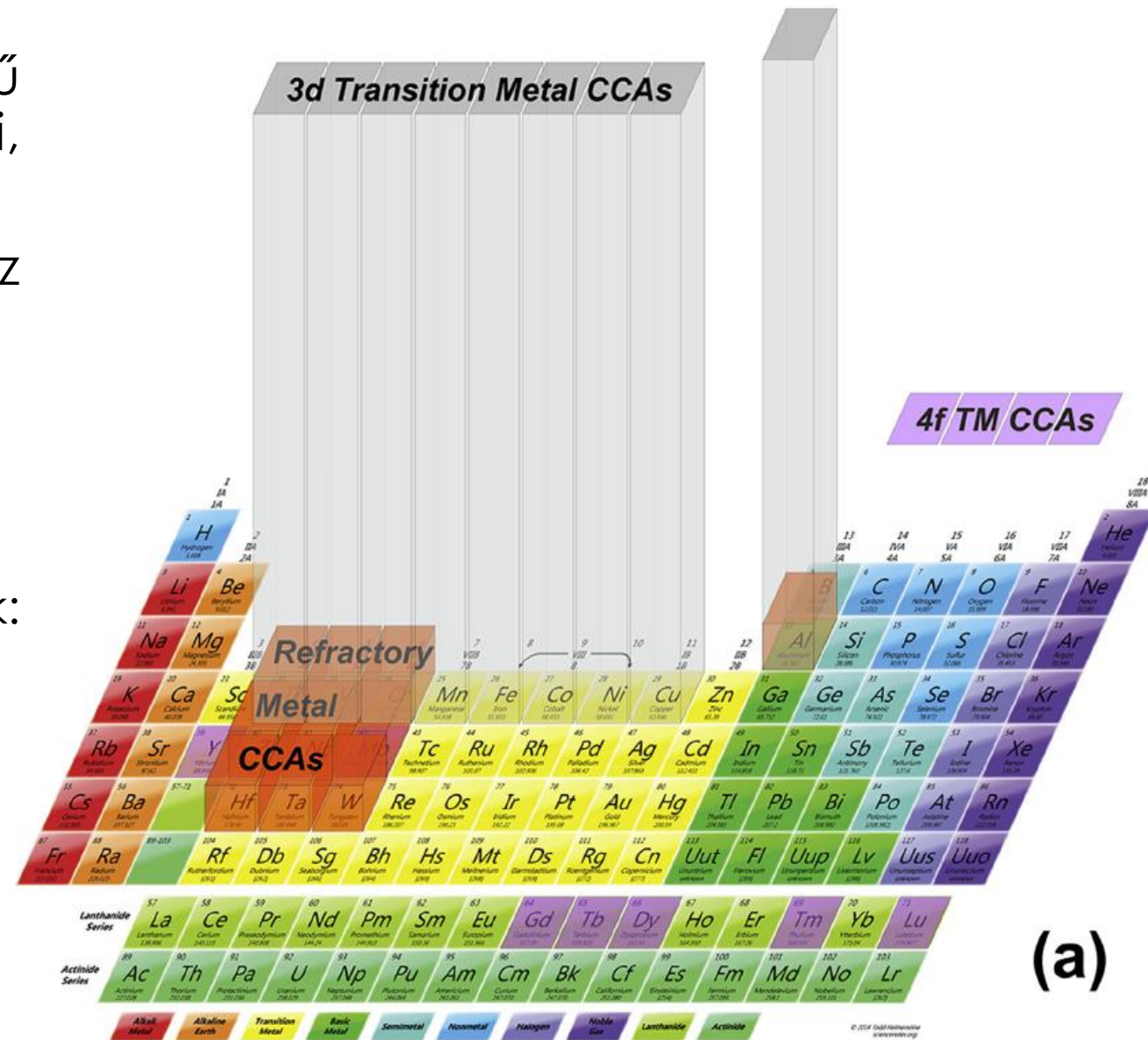
Gáz halmazállapotban
keverés

Porlasztásos technológia
Lézer impulzusos leválasztás

Nagy-entrópiás ötvözetek

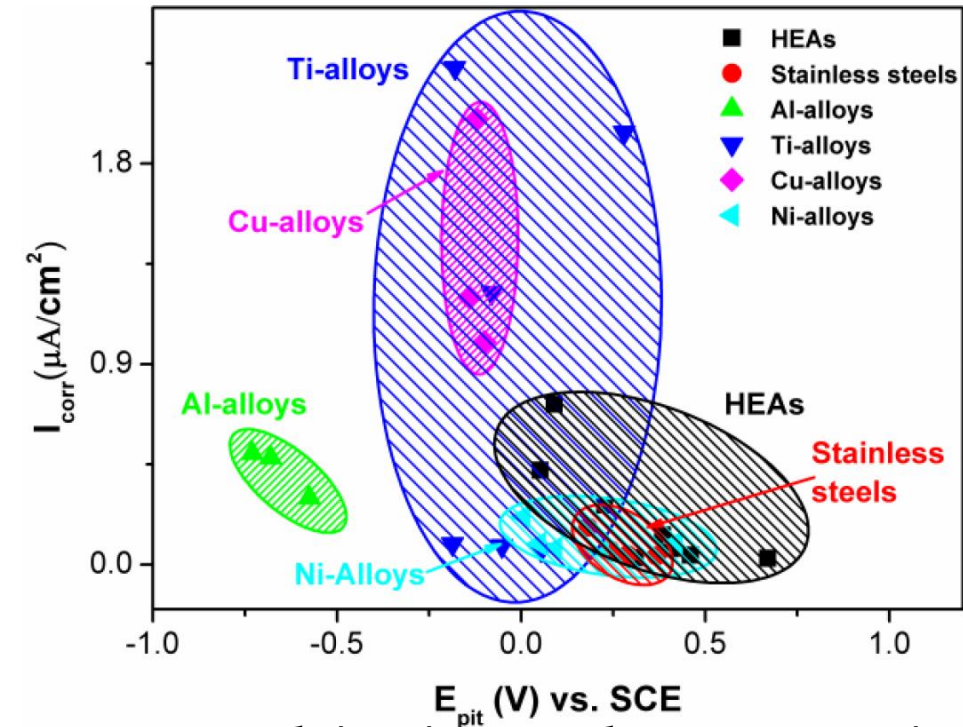
Alkotó elemek választása

- Néhány elem gyakori a több elemű ötvözeteknél. Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, és Ti több mint 100 ötvözetben fordul elő
- Ezek közül 4 elem (Co, Cr, Fe, Ni) az ötvözetek több, mint 70 %-ban előfordul
- Két nagy csoport
 - Átmeneti fémek: Co, Cr, Cu, Fe, Ni
 - Nagy olvadásponttal rendelkező fémek: Mo, Ti, V, Nb, Hf, Ta, Zr, W



Korrózióval szembeni ellenállás

- Jelenleg használt: rozsdamentes acélok, Ni ötvözetek, Ti ötvözetek.

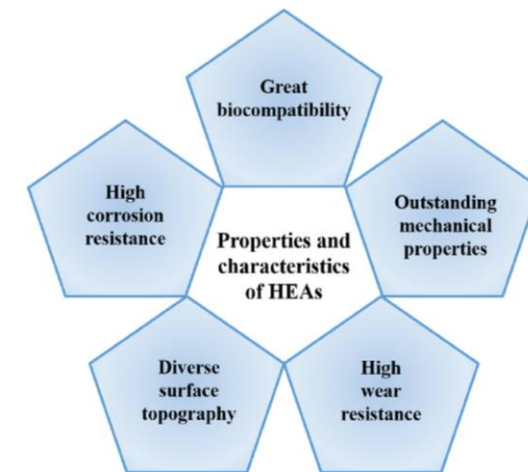


HEA-k és más anyagok a 3,5 tömegszázalékos NaCl oldatban szobahőmérsékleten

- HEAs: $\text{Al}_x\text{CrFe}_{1.5}\text{MnNi}_{0.5}$, FeCoNiCrCu_x , $\text{Co}_{1.5}\text{CrFeNi}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}\text{Mo}_x$

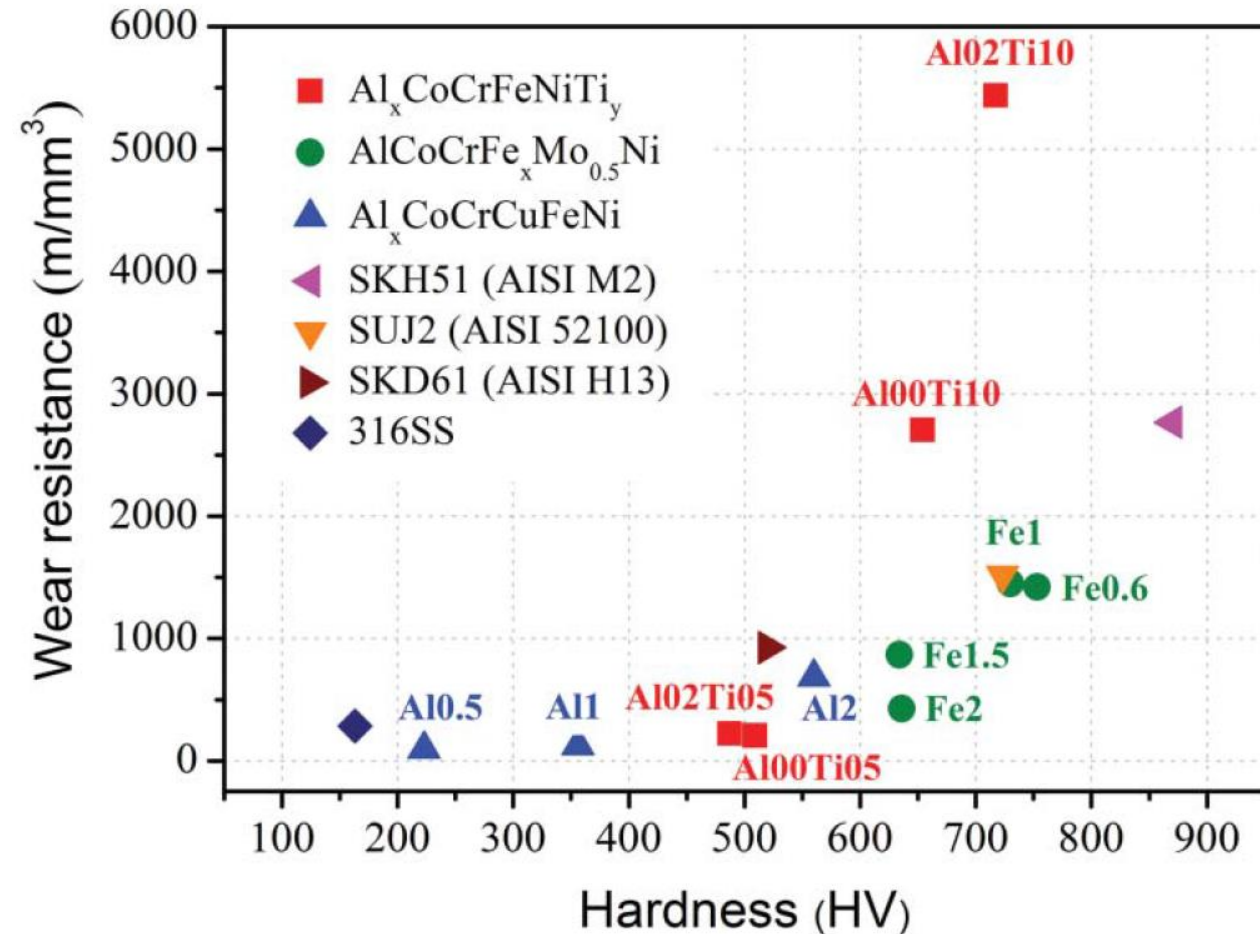
Biomedikai alkalmazhatóság

- Jelenleg használt: Ti-ötvözetek (Ti6Al4V), Co-Cr ötvözetek, rozsdamentes acél
- Több nagy-entrópiás ötvözet rendelkezik biokompatibilitással és biológiai közegű korrózióállósággal.
- Nagy-entrópiás ötvözetek: Ti-Ta-Hf alapú, HfNbTaTiZr, TiZrHfNbTa, MoNbTaTiZr, TiNbTaZrMo, TiNbTaZrFe, TiNbTaZrW, TiNbTaZrCr



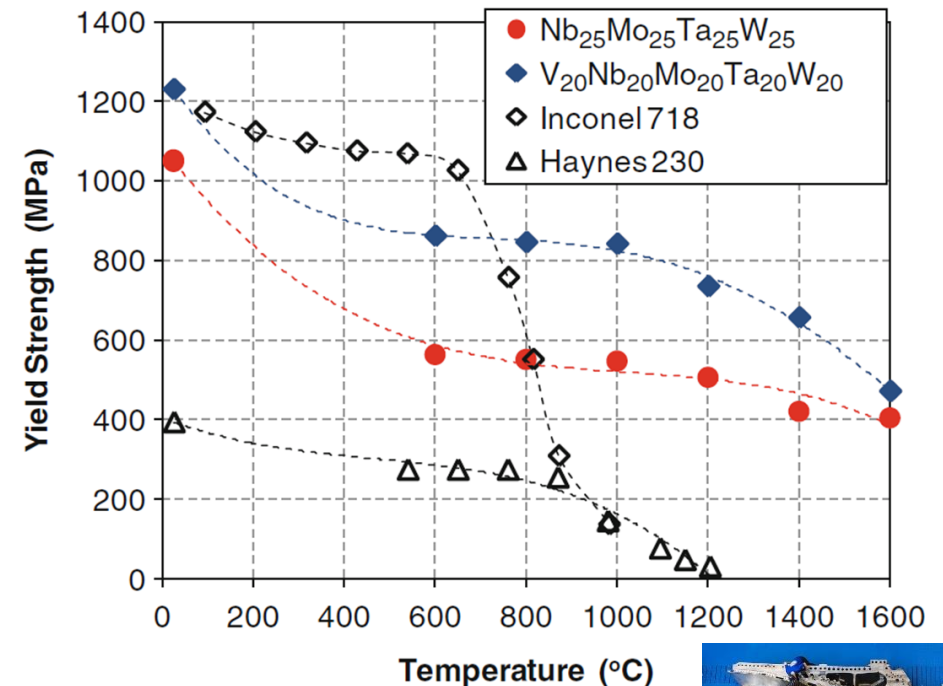
Kopási ellenállás

- Co-Cr-Fe-Ni alapú különböző Al- és Ti-tartalommal
- A nagy-entrópiájú ötvözetek hasonló vagy akár jobb teljesítményt nyújtanak, mint a hagyományos kopásálló ötvözetek, mint például az SKD61 szerszámacél és az SUJ2 csapágyacél.



Nagy hőmérsékletű felhasználás

- A nagy hőmérsékletre szánt ötvözetek esetében a 9 elemből legalább 4-et tartalmaznak: Cr, Hf, Mo, Nb, Ta, Ti, V, W, Zr és Al
- Leggyakoribb alapötvözet csoportok: MoNbTaW, HfNbTaZr, CrMoNbTa or CrNbVZr
- Az ötvözetek nem csak nagy olvadásponttal rendelkező elemeket tartalmaz hanem Al vagy Si-t is a tulajdonságok javítása érdekében
- Olvadás pontjuk sokkal magasabb mint a hagyományos Ni és Co bázisú ötvözeteké, több mint 2000°C feletti olvadáspont
- Négy elemű ötvözet csoport MoNbTaW és öt elemű ötvözet csoport MoNbTaVW esetében is 2600°C nagyobb olvadáspont.



Tanterv szerinti előrehaladás és oktatási tevékenység

- Tantárgyak

Tantárgyak	Félév	Kredit
Koncentrált energiabevitelű anyagtechnológiák	1. félév	6
Anyagtudomány alapjai	1. félév	6
Kutatási beszámoló I.	1. félév	6
Kutatási project I.	1. félév	10

- Oktatási tevékenység

- Neumann János Egyetem:

- Járműszerkezeti anyagok és technológiák (GJARBAN-JARANYTE-1) – 4 óra/hét
 - Járműszerkezeti anyagok és technológiák (GJARBAL-JARANYTE-1) – 8 óra/félév
 - Anyagismeret (GMUSFKN-ANYAGISM-1) – 2 óra/hét
 - Anyagok viselkedése hegesztéskor (GSZABAN-ANYAGVIS-1) – 2 óra/hét
 - Járműipari kötéstechológiák (GJARBAN-JARMKOTT-1) – 2 óra/hét

Konferencia részvétel

XIV. Országos Anyagtudományi Konferencia

Poszter és publikáció

ISCAME - 9th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering

Előadás és publikáció

Mérnöki szimpózium a Bánkiban 2023

Előadás és publikáció

Műszaki Anyagtudományi és Szakmai Konferencia /MASZK/ 2023

Előadás

MAHEG - Nagy Energiasűrűségű Ankét - Részvétel

Részvétel

Messer Hegesztéstechnikai Innovációs Fórum 2023 – Kiállító

Kiállító

Publikáció címe	Megjelenés helye	Státusz
The effect of building strategies on tensile strength of additively manufactured parts by laser metal deposition	Institute of Physics (IOP) Conference Series: Materials Science and Engineering	beküldve
Investigation of Co-Cr alloy layer prepared by laser metal deposition	Institute of Physics (IOP) Conference Series: Materials Science and Engineering	beküldve
Lehetőségek a nagy-entrópiájú ötvözetek tervezésére	Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai	beküldve
Nagy-entrópiájú ötvözetek alkalmazhatóságának lehetőségei	Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai	beküldve
Production Methods of High-Entropy Alloys	Trans Tech Publications Ltd. egyik folyóiratába	beküldve
Applicability of high-entropy alloys	Trans Tech Publications Ltd. egyik folyóiratába	beküldve

- Kumar, A.; Chandrakar, R.; Dubey, V.: High-entropy Alloys: Processing, Alloying Element, Microstructure and Properties, Michalska-Domańska, M., 2023
- D.B. Miracle, O.N. Senkov,: A critical review of high entropy alloys and related concepts, *Acta Materialia*, Volume 122, 2017, Pages 448-511
- Tsai, Ming-Hung, Yeh, Jien-Wei: High-Entropy Alloys: A Critical Review, *Materials Research Letters*
- Yadav, T.P., Kumar, A., Verma, S.K. et al. High-Entropy Alloys for Solid Hydrogen Storage: Potentials and Prospects. *Trans Indian Natl. Acad. Eng.* **7**, 147–156 (2022)
- Calvin P., Michael M., Mohamed E., Chuan Z., Wei-Ying C., Kumar S., Adrien C: Heavy Ion Irradiation of FCC and BCC High Entropy Alloys for Advanced Nuclear Reactor Applications, presentation
- Maosen Fu, Xiao Ma, Kangning Zhao, Xiao Li, Dong Su,: High-entropy materials for energy-related applications, *iScience*, Volume 24, Issue 3, 2021
- Sonal, S.; Lee, J. Recent Advances in Additive Manufacturing of High Entropy Alloys and Their Nuclear and Wear-Resistant Applications. *Metals* 2021
- Sheetal Kumar Dewangan, Ananddev Mangish, Sunny Kumar, Ashutosh Sharma, Byungmin Ahn, Vinod Kumar,: A review on High-Temperature Applicability: A milestone for high entropy alloys, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Volume 35, 2022



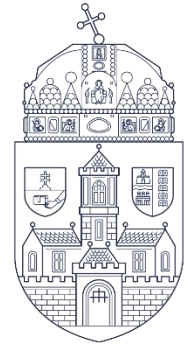
NEUMANN JÁNOS EGYETEM



INNOVATÍV JÁRMŰVEK ÉS
ANYAGOK TANSZÉK



Bay Zoltán
Alkalmazott Kutatási
Közhasznú Nonprofit Kft.



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

2024.