

Proiect finanțat de *Comisia Europeană, ERA-NET Co fund, 6th Joint Call - 2016*

Participarea partenerului român cofinanțată de *Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării (UEFISCDI)* prin Programul 3 P3 - Cooperare europeană și internațională, Subprogramu 3.2 Orizont 2020, Tip proiect ERANET

Titlul proiectului

Aliaje cu entropie înaltă cu proprietăți mecanice predictibile obținute prin modelare computațională – HEAMODELL

Acronim	HEAMODELL
Bugetul total al partenerului român	562.500 lei
Cofinanțare UEFISCDI	562.500 lei
Contract	75/2017
Durata proiectului (luni):	34
Data de începere a proiectului	14.06.2017
Data de finalizare a proiectului	31.03.2020
Date de identificare apel	COFUND-M-ERA.NET II - HEAMODELL
Link către site-ul proiectului	http://heamodell.imnr.ro

Parteneri

- 1 **DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**, Olanda, Coordonator
- 2 **INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU METALE NEFEROASE și RARE**, România, Partener
Responsabil: Dr. Ing. Vasile SOARE, tel: 0213522046, fax: 0213522049, email: vvisoare@imnr.ro
- 3 **INSTITUTE OF METALS AND TECHNOLOGY**, Slovenia, Partener
- 4 **S.C. RANCON S.R.L.**, România, Partener.

Rezumatul proiectului

Obiectivul principal al proiectului este dezvoltarea unui nou model multiscalar pentru selecția compozițiilor de aliaje cu entropie înaltă (HEA) cu proprietăți mecanice și de rezistență la oxidare predictibile, pentru aplicații specifice în domeniul motoarelor aeronautice cu reacție.

Aliajele cu entropie înaltă sunt aliaje dezvoltate recent, compuse din cinci sau mai multe elemente, care prezintă proprietăți de rezistență mecanică și la oxidare superioare, la temperaturi ridicate. Complexitatea crescândă a structurilor acestor aliaje, datorată numărului mare de combinații posibile între elemente, reprezintă o provocare majoră pentru aplicarea industrială a acestora.

Proiectul HEAMODELL își propune stabilirea unor noi criterii termodinamice și cinetice bazate pe corelațiile de tipul compoziție chimică-solidificare-tratament termic-structură, utilizând tehnici de

modelare la nivel electronic, atomic si structural, coroborate cu o abordare axată pe lucrări experimentale si de caracterizare. Modelul multiscalar integrat de selecție a aliajelor HEA va fi validat la nivel de laborator si simulat pentru elaborarea/procesarea aliajelor la nivel pilot.

Rezultatele proiectului vor contribui la îmbunătățirea capacității predictive a instrumentelor computationale integrate din domeniul ingineriei materialelor in cazul aliajelor refractare pentru aplicații specifice in domeniul motoarelor cu reacție si la diminuarea perioadei de intrare pe piață a materialelor inovative cu impact comercial ridicat.

Se va utiliza o **abordare integrata** pentru a acoperi întregul lanț tehnologic de la proprietăți specifice până la dezvoltarea si validarea modelului la nivel pilot. Aliajele cu entropie înaltă concepute pentru a fi utilizate la fabricarea palelor de turbine aeronautice trebuie sa manifeste unele proprietăți la temperaturi ridicate (*de pana la 1200°C*): *rezistenta la rupere de 400 MPa, duritate de 300 HV, rezistenta la fluaj de peste 1200 de ore la o solicitare de 200 MPa si o durata de viață de peste 10 milioane de cicluri pana la rupere.*

ETAPA 1/2017 ORGANIZARE GENERALA PROIECT. STABILIRE PROPRIETĂȚI NECESARE ALIAJE HEA. EXPERIMENTĂRI PRELIMINARE.

Perioada: 14.06.2017 - 14.12.2017

Activitatea 1.1. Cerințe de material si performante pentru aplicații in producerea turbinelor. (P2-IMNR)

Activitatea 1.2. Selecția sistemelor de aliaje HEA. (P2-IMNR)

Activitatea 1.3. Compoziții preliminare HEA si sinteza aliaje. (P2-IMNR)

Activitatea 1.4. Caracterizare eşantioane preliminare aliaje HEA. (P2-IMNR)

Activitatea 1.5. Diseminare. (P2-IMNR)

Obiectivele etapei I a proiectului pentru partenerul IMNR constau în:

1. Stabilirea cerințelor aliajelor cu entropie înaltă pentru producerea turbinelor de motoare aeronautice.
2. Selecția sistemelor/compozițiilor de aliaje cu proprietăți corespunzătoare aplicației urmărite.
3. Realizarea de experimentări preliminare de obținere aliaje HEA
4. Realizarea de caracterizări fizico-chimice și structurale pentru aliajele HEA obținute.

Eficiența în funcționare a motoarelor cu reacție depinde în mare măsură de temperatura de lucru și densitatea materialelor de fabricație. In cazul unui motor de tip Rolls Royce Trent CMF Leap X, temperatura poate depăși 1300°C la sfârșitul procesului de compresie. Aceste temperaturi depășesc cu mult temperaturile maxime de serviciu ale aliajelor de titan (600°C) si ale otelurilor înalt aliate (450°C).

Cerințele tehnice de material pentru construcția turbinelor de avion sunt: stabilitate la temperatură ridicată de operare (700-1100°C), rezistență ridicată la curgere (300-400MPa la temperatura de operare), rezistenta la fluaj (peste 1200 ore la 200MPa, la temperatura de operare), rezistentă ridicată la oboseală (peste 10 mil cicluri la temperatura de operare), densitate scăzută (mai mică de 8g/cm³), rezistență la oxidare (30 mg/cm² după 50 ore în atmosferă oxidantă la temperatura de operare) și la acțiunea gazelor

de combustie. Aliajul cel mai des folosit este Inconel 718, un aliaj durificat prin precipitare utilizat pentru aplicații la temperaturi ridicate. Totuși aplicarea industrială a aliajului a fost limitată la o temperatură de 650°C, din cauza deteriorării structurale provocate de transformarea γ'' în faza de echilibru σ , cu o scădere majoră a proprietăților mecanice, în special a rezistenței la fluaj.

Aliajele cu entropie ridicată (HEA) au compoziții formate din 5 sau mai multe elemente în proporții egale sau apropiate și au capacitatea de a dezvolta proprietăți deosebite, cum ar fi: rezistența mecanică, duritate, rigiditate și rezistența la coroziune. Aliajele cu entropie înaltă prezintă mecanisme de durificare cu soluții solide mult diferite față de aliajele convenționale. De obicei aliajele HEA au puncte de topire ridicate, iar rezistența ridicată la curgere poate fi menținută până la temperaturi foarte ridicate.

Elementele de aliere au o influență deosebită asupra proprietăților aliajului. Fe și Ni se regăsesc în majoritatea aliajelor cu entropie înaltă datorită capacității lor de a forma aliaje stabile termodinamic în combinație cu alte elemente. Cr are rolul de a ridica rezistența mecanică și rezistența la coroziune. Si îmbunătățește proprietățile de turnare și rezistența la oxidare. Co îmbunătățește stabilitatea structurilor bazate pe soluții solide complexe. Al și Ti au un rol durificator dar și de reglare fină a proprietăților mecanice ale aliajelor HEA. Cercetări anterioare au evidențiat potențialul aliajelor HEA de a dezvolta proprietăți mecanice la temperaturi înalte superioare oțelurilor înalte aliate și superaliajelor.

Datele din literatura de specialitate precum și rezultatele experimentale preliminare au determinat **selectarea** a unui număr de trei sisteme de aliaje care conțin elemente care conferă rezistență mecanică și la oxidare ridicate, puncte de topire înalte, densitate redusă.

Determinarea capacității acestor sisteme de a forma structuri fazice stabile cu proprietăți ridicate de rezistență mecanică și oxidare la temperaturi înalte a fost realizată prin studiul unor **criterii termodinamice și cinetice** specifice aliajelor cu entropie înaltă. **Datele termodinamice și cinetice** obținute au arătat că aliajele selectate dezvoltă structuri cu entropie ridicată și conțin deopotrivă soluții solide și faze intermetalice stabile termodinamic.

Elaborarea aliajelor cu entropie înaltă (HEA) s-a realizat într-un cuptor cu inducție cu atmosferă inertă (Ar) și vid. Au fost realizate **analize chimice, mecanice și microstructurale** care au evidențiat o omogenitate ridicată a aliajelor elaborate. Analiza microstructurală a arătat o structură predominant dendritică, cu o configurație diferită funcție de elementele de aliere.

Studiile de rezistență la oxidare. În cadrul lucrării a fost realizată o prezentare a proceselor care au loc în timpul oxidării aliajelor la temperaturi înalte. Curbele de variația a masei de oxid formate în timp pot avea în principal forme liniare sau parabolice. Variația parabolică este preferabilă pentru formarea unui strat de oxid protector la suprafața aliajului. Aliajele au fost testate prin menținere în atmosferă oxidantă, la 1100°C timp de 15, 30 și 50 de ore.

Diseminarea rezultatelor s-a realizat prin participarea la 2 conferințe și publicarea a 2 articole în reviste ISI. A fost organizată prima întâlnire de proiect, cu participarea tuturor partenerilor implicați, la sediul IMNR.