

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00210

(22) Data de depozit: 21/04/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/09/2022 BOPI nr. 9/2022

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"  
DIN GALAȚI, STR.DOMNEASCĂ NR.47,  
GALAȚI, GL, RO

(72) Inventatori:  
• SCUTELNICU ELENA, STR.TRAIAN,  
NR.31, GALAȚI, GL, RO;  
• SIMION GEORGE, BD.DUNĂREA, NR.16,  
BL.D6, AP.34, GALAȚI, GL, RO;  
• MIRCEA OCTAVIAN,  
STR.CIPRIAN PORUMBESCU, NR.2,  
BL.M6, AP.38, GALAȚI, GL, RO;

• RUSU CARMEN CĂTĂLINA,  
STR.DOMNEASCĂ NR.4, BL.P 10, AP.44,  
GALAȚI, GL, RO;  
• MISTODIE LUIGI RENATO,  
ALEEA MERCUR NR.2, BL.V 3, AP.39,  
GALAȚI, GL, RO;  
• GHEONEA MARIUS- CORNELIU,  
STR.NUFĂRULUI, NR.1, BL.S14, AP.27,  
GALAȚI, GL, RO;  
• GEANTĂ VICTOR, STR.IANI BUZOIANI,  
NR.1, BL.16A, AP.32, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• VOICULESCU IONELIA,  
STR. CRISTIAN PASCAL, NR.18,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDEU DE OBTINERE A ALIAJELOR MULTI-ELEMENT  
DIN CLASA DE ALIERE AICrFeNi

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unor aliaje multielement din clasa AICrFeNi, microaliat și cu alte elemente chimice cum ar fi C, Nb, Mn, Mo, Ta sau W, prin topirea cu arc electric a unui fascicul de baghete/sârme și depunerea materialului multielement rezultat pe diferite substraturi metalice, structurile aliajelor multielement caracterizate prin proprietăți speciale de rezistență la uzură, oxidare, coroziune și impact fiind utilizate în industriachimică, petrochimică, militară, navală, industria constructoare de mașini, transporturi și industria minieră. Procedeu conform invenției constă în depunerea pe un substrat (5) a unei topituri de fascicul (4) de baghete utilizând procedeu de sudare WIG în atmosferă protectoare de Ar (2), baghetele (4) având compoziții chimice diferite în funcție de rețeta de aliaj (3) multielement dorită, cu diametre identice sau diferite, parametrii regimului de topire fiind stabiliți astfel încât să asigure topirea completă și uniformă a materialelor baghetelor prin poziționarea baghetelor cu temperatura de topire mai mare în zona superioară a fasciculului, sub acțiunea directă a arcului electric, obținându-se un strat omogen de aliaj (3) multielement alcătuit din mai multe straturi alăturate și parțial suprapuse, iar creșterea gradului de omogenizare chimică și îmbunătățirea proprietăților aliajului

depus prin sudare pot fi obținute prin retopiri ale depunerilor pe diferite direcții: transversal, longitudinal sau combinat transversal și longitudinal, în raport cu direcția inițială de depunere, utilizând procedeu WIG fără material de adaos.

Revendicări: 1

Figuri: 2

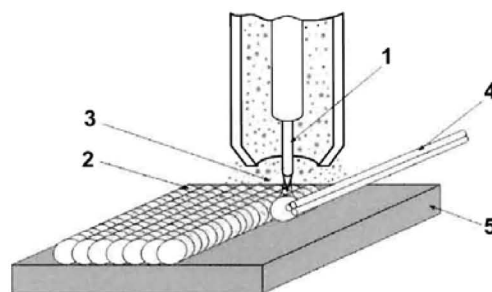


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL EUROPEAN PENTRU INVENȚII ȘI MARCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	2022-00010
Data depozit	21-04-2022

9

## PROCEDEU DE OBTINERE A ALIAJELOR MULTI-ELEMENT DIN CLASA DE ALIERE AlCrFeNi

Inventatori:

**SCUTELNICU ELENA, SIMION GEORGE, MIRCEA OCTAVIAN, RUSU CARMEN-CĂTĂLINA, MISTODIE LUIGI-RENATO, GHEONEA MARIUS-CORNELIU, GEANTĂ VICTOR, VOICULESCU IONELIA**

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unor aliaje multi-element din clasa de aliere AlCrFeNi prin topirea cu arc electric a unui fascicul de baghete/sârme și depunerea materialului multi-element rezultat pe diferite substraturi metalice utilizând procedeul de sudare Wolfram Inert Gaz (WIG), *caracterizat prin aceea că* baghetele pot avea compoziții chimice diferite, diametre identice sau diferite, în funcție de rețeta de aliaj multi-element dorită, iar parametrii regimului de topire se stabilesc astfel încât să se asigure topirea completă și uniformă a materialelor baghetelor, prin poziționarea baghetelor cu temperatură de topire mai mare în zona superioară a fascicului, sub acțiunea directă a arcului electric, în scopul obținerii unui strat omogen de aliaj multi-element, alcătuit din mai multe straturi alăturate și parțial suprapuse, caracterizate prin proprietăți speciale de rezistență la uzură, oxidare, coroziune și impact, în vederea obținerii unor structuri metalice multi-component utilizate industria chimică, petrochimică, militară, navală, producătoare de energie, constructoare de mașini, transport și minieră.

În ultimele decenii, un nou concept de realizare a aliajelor metalice, prin combinarea a cel puțin patru sau cinci elemente chimice în proporții echiatomice sau quasi-atomice, a atras atenția cercetătorilor din toată lumea [1]-[6]. În literatura de specialitate, această nouă categorie de materiale este denumită "aliaje cu entropie ridicată" (High Entropy Alloy - HEA), dar se propun și alte denumiri, cum ar fi: aliaje multi-component (multi-component alloys), aliaje complexe compoziționale (compositionally complex alloys) sau aliaje multi-element (multiprincipal-element alloys) [2]. În anul 2004 au fost publicate primele rezultate despre aliajele multi-component și de atunci numărul acestora a crescut constant, platforma Web of Science indicând peste 7000 de articole publicate pe aceasta temă [7].

Compoziția specială a aliajelor multi-component conferă acestor materiale proprietăți mecanice remarcabile, incluzând rezistență și duritate ridicată, rezistență la uzură la temperaturi ridicate, la coroziune și oxidare și o bună stabilitate structurală, făcându-le atractive pentru multe domenii industriale [8], [9]. Principalul avantaj, față de aliajele tradiționale, este dat de capacitatea acestor materiale de a-și menține caracteristicile mecanice la temperaturi scăzute [10], [11] sau temperaturi ridicate [12], [13]. Cercetătorii care au investigat aliajele multi-element din gama AlCrFeNi au demonstrat că aceste materiale au rezistență mecanică, duritate și rezistență la uzură ridicată [14]-[16], fiind recomandate pentru aplicații industriale care necesită o calitate superioară a suprafețelor. Yipin T. ș.a. au obținut aliajul AlCrFeNi prin procedeul de sinterizare, caracterizat prin duritate medie de 778 HV [14]. Dong Y. ș.a. au studiat influența alierii cu Mo a aliajului AlCrFeNi, obținut prin topirea unor pulberi în cuptor cu arc electric, și au raportat valori cuprinse între 1406 și 1748 MPa pentru rezistența la compresiune, 1512 și 3222 MPa pentru rezistența la rupere, 0 și 28,7% pentru alungire, 472 și 911 HV [15]. Ren M ș.a. au studiat proprietățile aliajului AlCrFeNi și au obținut valori de 1180 MPa pentru rezistența la compresiune, 2162 MPa pentru rezistența la rupere și o alungire de 40% [16].

Cea mai uzuală metodă de obținere a lingourilor din aliaje multi-component este topirea în cuptoare cu arc electric și atmosferă controlată a elementelor chimice componente, aflate sub formă de pulberi sau bare, tije, profile etc. [17]-[19]. Conform literaturii de specialitate, depunerea unui aliaj multi-component pe un substrat se obține prin topirea amestecului de pulberi prin pulverizarea cu magnetron [20]-[22], pulverizare cu plasmă [23]-[24], placare cu Laser [25]-[29], placare WIG [30]-[33] sau prin sinterizare [14]. Un alt procedeu de obținere a depunerilor de aliaje multi-component constă în fabricarea unor sârme cu o puritate de peste 99,5%, răsucirea acestora și utilizarea lor ca material de adaos pentru sudarea WIG cum sunt [32] sau MIG [34]. Dezavantajele acestor metode sunt: grosimea mică a straturilor depuse prin pulverizare, utilizarea unor instalații complexe cu cost ridicat (magnetron, instalație Laser), necesitatea unor operații tehnologice pregătitoare (crearea amestecului de pulberi; aplicarea unor operații tehnologice de pregătire a amestecului de pulberi, în vederea topirii acestuia pe suprafața substratului; fabricarea și răsucirea sârmelor din elementele chimice).

**Prezenta invenție** prezintă elemente de progres tehnic, oferind o soluție economică de obținere a unor straturi depuse din aliaje multi-element din clasa de aliere AlCrFeNi, cu grosimi variabile, nelimitate de procesul tehnologic, prin aplicarea unei tehnologii convenționale de depunere prin sudare cu materiale de adaos standardizate, fără operații tehnologice pregătitoare.

**Aliajul metalic multi-element**, care face obiectul invenției, prezintă concomitent valori de duritate și rezistență la compresiune ridicate, fiind alcătuit din minim patru elemente metalice de puritate avansată, existând posibilitatea de stabilire a compoziției chimice în funcție de aplicația industrială și proprietățile dorite.

**Procedeul de obținere** constă în topirea unui fascicul de baghete cu compoziții chimice și diametre identice sau diferite, atent selecționate, în scopul obținerii aliajului multi-element din gama AlCrFeNi, cu compoziția chimică dorită, microaliat și cu alte elemente chimice cum ar fi: C, Nb, Mn, Mo, Ta, W etc. Depunerea se realizează cu ajutorul procedurii de sudare WIG, care constă în formarea arcului electric între un electrod nefuzibil de wolfram și materialul de bază, și introducerea fasciculului de baghete în spațiul arcului electric, baghetele cu temperatură de topire mai ridicată fiind poziționate în partea superioară a fasciculului, sub acțiunea directă a arcului electric, în vederea topirii și depunerii acestuia pe substrat. Pentru a acoperi întreaga suprafață cu un strat uniform de aliaj cu proprietăți speciale, cordoanele de sudură se suprapun parțial, pe o lățime de aproximativ 30-60% din lățimea unei depuneri. Întreg procesul se desfășoară în atmosferă de gaz protector inert (Ar). Creșterea gradului de omogenizare chimică și îmbunătățirea proprietăților mecanice ale aliajului depus prin sudare se pot obține ulterior prin retopire pe direcție transversală, longitudinală sau combinată (transversală și longitudinală) în raport cu direcția inițială de depunere, utilizând procedeul WIG, fără material de adaos. Pentru evitarea apariției fisurilor, se recomandă ca temperatura stratului depus anterior și înainte de retopire să fie cuprinsă în intervalul 250...350°C.

Principiul procedurii este schematizat în figura 1. Compoziția chimică a aliajului multi-element poate fi controlată prin compozițiile chimice, numărul și diametrele baghetelor care fac parte din fasciculul de materiale de adaos (Fig. 2). Realizarea unor aliaje multi-elemente din clasa de aliere AlCrFeNi, cu diferite compoziții chimice, obținute prin depunere prin sudare WIG, cu fascicul de baghete, este exemplificată prin studiile de caz 1-4.

4

**Studiu de caz 1.** Se formează un fascicul de baghete, cu diametre egale, care conține o baghetă din Al cu diametrul de 2mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 2mm și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2mm. Baghetele se cântăresc și, pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor care formează fasciculul de material de adaos, certificate de producători, se calculează compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj multi-element,  $AlCr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$ , în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de microaliere (Mo) (Tabel 1).

**Tabel 1.** Compoziția chimică a aliajului  $AlCr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$

Elem. chim.	C	Mn	Si	S	P	Cr	Fe	Ni	Mo	NbTa	Al	N
m [g]	0,03	0,37	0,3	0,01	0,01	10,92	16,66	17,42	3	0,88	8,47	0,02
Wt [%]	0,056	0,633	0,509	0,019	0,021	18,793	28,68	29,995	5,157	1,514	14,581	0,042
At [%]	0,23	0,57	0,9	0,03	0,01	17,88	25,4	24,9	2,66	0,55	26,73	0,15

*În care m este masa, Wt – raport masic, At – raport atomic*

**Studiu de caz 2.** Pentru reducerea riscului de fisurare a materialului depus prin sudare, se poate diminua concentrația de Al (la valori sub 7 % masice), prin reducerea diametrului baghetei de Al. Se formează un fascicul de baghete, cu diametre diferite, care conține o baghetă din Al cu diametrul de 1,6mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 2,4mm și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2,4mm. Baghetele se cântăresc, Baghetele se cântăresc și, pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor care formează fasciculul de material de adaos, certificate de producători, se calculează compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj multi-element,  $Al_{0,5}Cr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$ , în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de microaliere (Mo) (Tabel 2).

**Tabel 2.** Compoziția chimică a aliajului  $Al_{0,5}Cr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$

Elem. chim.	C	Mn	Si	S	P	Cr	Fe	Ni	Mo	NbTa	Al	N
m [g]	0,05	0,53	0,43	0,02	0,02	15,71	23,98	25,09	4,31	1,27	5,43	0,04
Wt [%]	0,061	0,688	0,544	0,021	0,023	20,446	31,196	32,641	5,612	1,647	7,065	0,046
At [%]	0,27	0,67	1,05	0,03	0,01	20,99	29,82	29,33	3,12	0,65	13,98	0,17

**Studiu de caz 3.** Pentru îmbunătățirea rezistenței la coroziune și a plasticității materialului depus, se mărește concentrația de Ni, prin introducerea unei baghete de NiCr cu diametrul mai mare. Se formează un fascicul de baghete, cu diametre diferite, care conține o baghetă din Al cu diametrul de 1,6mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 1,6mm și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2,4mm. Baghetele se cântăresc și, pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor care formează fasciculul de material de adaos, certificate de producători, se calculează compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj multi-element,  $AlCrFeNi_{1,9}Mo_{0,2}$ , în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de microaliere (Mo) (Tabel 3).

**Tabel 3.** Compoziția chimică a aliajului AlCrFeNi<sub>1,9</sub>Mo<sub>0,2</sub>

Elem. chim.	C	Mn	Si	S	P	Cr	Fe	Ni	Mo	NbTa	Al	N
m [g]	0,04	0,24	0,25	0,01	0,01	11,4	11,36	23,52	3,73	1,27	5,43	0,02
Wt [%]	0,071	0,41	0,436	0,018	0,021	19,915	19,835	41,07	6,505	2,211	9,482	0,027
At [%]	0,31	0,39	0,82	0,03	0,01	20,22	18,75	36,38	3,58	0,86	18,55	0,1

**Studiu de caz 4.** Pentru creșterea conținutului de Cr și Ni, care conferă rezistență la coroziune, uzură și oxidare, se formează un fascicul de baghete, cu diametre diferite, care conține o baghetă din Al cu diametrul de 1,6 mm, două baghete din oțel inoxidabil cu diametrele de 2,4mm și 1,6 mm și două baghete din aliaj NiCr cu diametrele de 2,4 mm și 1,6 mm. Baghetele se cântăresc și, pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor care formează fasciculul de material de adaos, certificate de producători, se calculează compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj multi-element, Al<sub>0,3</sub>Cr<sub>0,7</sub>FeNiMo<sub>0,1</sub> în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de microaliere (Mo) (Tabel 4).

**Tabel 4.** Compoziția chimică a aliajului Al<sub>0,3</sub>Cr<sub>0,7</sub>FeNiMo<sub>0,1</sub>

Elem. chim.	C	Mn	Si	S	P	Cr	Fe	Ni	Mo	NbTa	Al	N
m [g]	0,07	0,76	0,62	0,02	0,03	22,7	34,63	36,24	6,23	1,83	5,43	0,05
Wt [%]	0,062	0,703	0,566	0,021	0,024	20,901	31,888	33,367	5,737	1,684	5	0,047
At [%]	0,28	0,70	1,1	0,04	0,01	21,93	31,15	30,55	3,26	0,68	10,11	0,18

### Bibliografie

1. Ye Y.F., Wang Q., Lu J., Liu C.T., Yang Y., *High-entropy alloy: challenges and prospects*, *Materials Today*, Vol. 19, Nr. 6, 2016, pag. 349-362, <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2015.11.026>
2. Easo P.G., Dierk R., Robert O.R., *High- entropy alloys*, *Nature Reviews Materials*, Vol. 4, 2019, pag. 515-534, <https://doi.org/10.1038/s41578-019-0121-4>
3. George E.P., Curtin W.A., Tasan C.C., *High entropy alloys: A focused review of mechanical properties and deformation mechanisms*, *Acta Materialia*, Vol. 188, 2020, pag. 435-474, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.12.015>
4. Sharma P., Dwivedi V.K., Dwivedi S.P., *Development of high entropy alloys: A review*, *Materials Today*, 2021, *Proceedings* 439(1), pag. 502-509, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.023>
5. Miracle D.B., Senkov O.N., *A critical review of high entropy alloys and related concepts*, *Acta Materialia*, Vol. 122, 2017, pag. 448-511, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2016.08.081>
6. Zhang Y., Zuo T.T., Tang Z., Gao M.C., Dahmen K.A., Liaw P.K., Lu Z.P., *Microstructures and properties of high-entropy alloys*, *Progress in Materials Science*, Vol. 61, 2016, pag. 1-93, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.10.001>
7. <https://www.webofscience.com/>
8. Tsai M.-H., Yeh J.W., *High-Entropy Alloys: A critical review*, *Materials Research Letters*, Vol. 2, Nr. 3, 2014, pag.107-123, <https://doi.org/10.1080/21663831.2014.912690>
9. Li W., Xie D., Li D., Zhang Y., Gao Y., Liaw P.K., *Mechanical behavior of high-entropy alloys*, *Progress in Materials Science*, Vol. 118, 2021, pag. 1-142, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2021.100777>
10. Liu J., Guo X., Lin Q., He Z., An X., Li L., Liaw P. K., Liao X., Yu L., Lin J., Xie L., Ren J., Zhang Y., *Excellent ductility and serration feature of metastable CoCrFeNi high-entropy alloy at extremely low*

- temperatures, *Science China Materials*, Vol. 62(6), 2019, pag. 853–863, <https://doi.org/10.1007/s40843-018-9373-y>
11. Zherebtsov S., Stepanov N., Ivanisenko Y., Shaysultanov D., Yurchenko N., Klimova M., Salishchev G., *Evolution of microstructure and mechanical properties of a CoCrFeMnNi High-Entropy Alloy during high-pressure torsion at room and cryogenic temperatures*, *Metals*, Vol. 8 (2), art. nr. 123, 2018, <https://doi.org/10.3390/met8020123>.
  12. Waseem O.A., Ryu H.J., *Combinatorial development of the low-density high-entropy alloy Al<sub>10</sub>Cr<sub>20</sub>Mo<sub>20</sub>Nb<sub>20</sub>Ti<sub>20</sub>Zr<sub>10</sub> having gigapascal strength at 1000°C*, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 845, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155700>.
  13. Wang W. R., Wang W. L., Yeh J. W., *Phases, microstructure and mechanical properties of Al<sub>x</sub>CoCrFeNi high-entropy alloys at elevated temperatures*, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 589, 2014, pag. 143-152, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.11.084>
  14. Yipin T., Shouren W., Bin S., Yan W., Yang Q., *Fabrication and wear behavior analysis on AlCrFeNi High Entropy Alloy coating under dry sliding and oil lubrication test conditions*, *Surface Review and Letters*, Vol. 23(4), id. 1650018, 2016, <https://doi.org/10.1142/S0218625X16500189>
  15. Dong Y., Lu Y., Kong J., Zhang J., Li T., *Microstructure and mechanical properties of multi-component AlCrFeNiMox high-entropy alloys*, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 573, 2013, pag. 96-101, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.03.253>
  16. Ren M., Wang G.; Li B., *Microstructure and properties of AlCrFeNi intermetallic for electronic packaging shell*, 18th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT), 2017, <https://doi.org/10.1109/ICEPT.2017.8046570>
  17. Lili Hou, Jiatao Hui, Yuhong Yao, Jian Chen, Jiangnan Liu, *Effects of Boron content on microstructure and mechanical properties of AlFeCoNiB<sub>x</sub> High Entropy Alloy prepared by vacuum arc melting*, *Vacuum*, Vol. 164, 2019, pag. 212-218, <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.03.019>
  18. Stepanov N.D. , Yurchenko N. Yu., Zherebtsov S.V., Tikhonovsky M.A., Salishchev G.A., *Aging behavior of the HfNbTaTiZr high entropy alloy*, *Materials Letters*, Vol. 211, 2018, pag. 87-90, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.09.094>
  19. Karatia A., Guruvidyathri K., Hariharan V.S., Murty B.S., *Thermal stability of AlCoFeMnNi high-entropy alloy*, *Scripta Materialia*, Vol. 162, 2019, pag. 465-467, <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2018.12.017>
  20. Liao W., Lan S., Gao L., Zhang H., Xu S., Song J., Wang X., Lu Y., *Nanocrystalline high-entropy alloy (CoCrFeNiAl<sub>0.3</sub>) thin-film coating by magnetron sputtering*, *Thin Solid Films*, Vol. 638, 2017, pag. 383-388, <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2017.08.006>
  21. Liao W.B., Zhang H., Liu Z.Y., Li P.F., Huang J.J., Yu C.Y., Lu Y., *High strength and deformation mechanisms of Al<sub>0.3</sub>CoCrFeNi High-Entropy Alloy thin films fabricated by magnetron sputtering*, *Entropy*, 2019, Vol. 21(2), art. nr. 146, <https://doi.org/10.3390/e21020146>
  22. Patent CN104789847A *High-entropy alloy, high-entropy alloy coating and plating method for high-entropy alloy coating on rolling surface of bearing*, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/053555035/publication/CN104789847A?q=pn%3DCN104789847A>
  23. Xiao J.K., Tan H., Wu Y.Q., Chen J., Zhang C., *Microstructure and wear behavior of FeCoNiCrMn high entropy alloy coating deposited by plasma spraying*, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 385, 2020, 125430, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125430>
  24. Mu Y., Zhang L., Xu L., Prashanth K., Zhang N., Ma X., Jia Y., Xu Y., Jia Y., Wang G., *Frictional wear and corrosion behavior of AlCoCrFeNi High-Entropy Alloy coatings synthesized by atmospheric plasma spraying*, *Entropy*, 2020, Vol. 22, art. nr. 740, <https://doi.org/10.3390/e22070740>
  25. Jiang Y.Q., Li J., Juan Y.F., Lu Z.J., Jia W.L., *Evolution in microstructure and corrosion behavior of AlCoCrFeNi high-entropy alloy coatings fabricated by laser cladding*, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 775, 2019, pag 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.10.091>
  26. Liu J., Liu H., Chen P., Hao J., *Microstructural characterization and corrosion behaviour of AlCoCrFeNiTi<sub>x</sub> high-entropy alloy coatings fabricated by laser cladding*, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 361, 2019, pag 63-74, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.01.044>
  27. Patent CN106086580A *High-entropy alloy powder for laser cladding and preparation method of cladding layer*, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057479215/publication/CN106086580A?q=pn%3DCN106086580A>
  28. Patent CN103290404A *Laser-cladding high-entropy alloy powder and preparation method of high-entropy alloy coating*

4

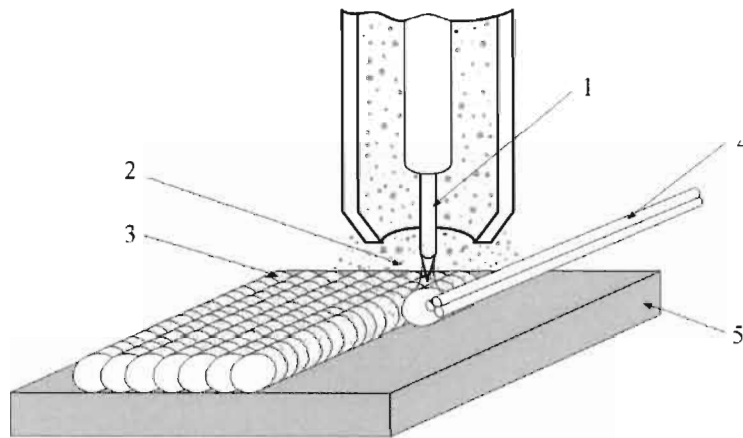
- <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/049091915/publication/CN103290404A?q=pn%3DCN103290404A>
29. Patent CN106319513A High-entropy alloy powder and preparation method of high-hardness high-entropy alloy coating  
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057819772/publication/CN106319513A?q=pn%3DCN106319513A>
  30. Huo W.Y., Shi H.F., Ren X. Zhang. J.Y., Microstructure and wear behavior of CoCrFeMnNbNi high-entropy alloy coating by TIG cladding, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015, 647351, pag. 1–5, <https://doi.org/10.1155/2015/647351>
  31. Fereidouni M., Sarkari M., Mahmoud K., Sohi H., Liquid phase cladding of AlxCoCrFeNi high entropy alloys on AISI 304L stainless steel, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 402, 2020, 126331, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126331>
  32. Patent RU2690265C1, Method of producing multicomponent coatings from nonferrous metals, <https://patents.google.com/patent/RU2690265C1/en>
  33. Patent CN106894015A Argon arc cladding high-entropy alloy coating and preparation method thereof, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/059185356/publication/CN106894015A?q=pn%3DCN106894015A>
  34. Liu J., Li J., Du X., Toong Y., Wanh R., He D., Cai Z., Wang H., Microstructure and mechanical properties of wire arc additively manufactured MoNbTaWTi High Entropy Alloys, *Materials*, 2021, Vol. 14(16), art. nr. 4512, <https://doi.org/10.3390/ma14164512>

### Revendicări

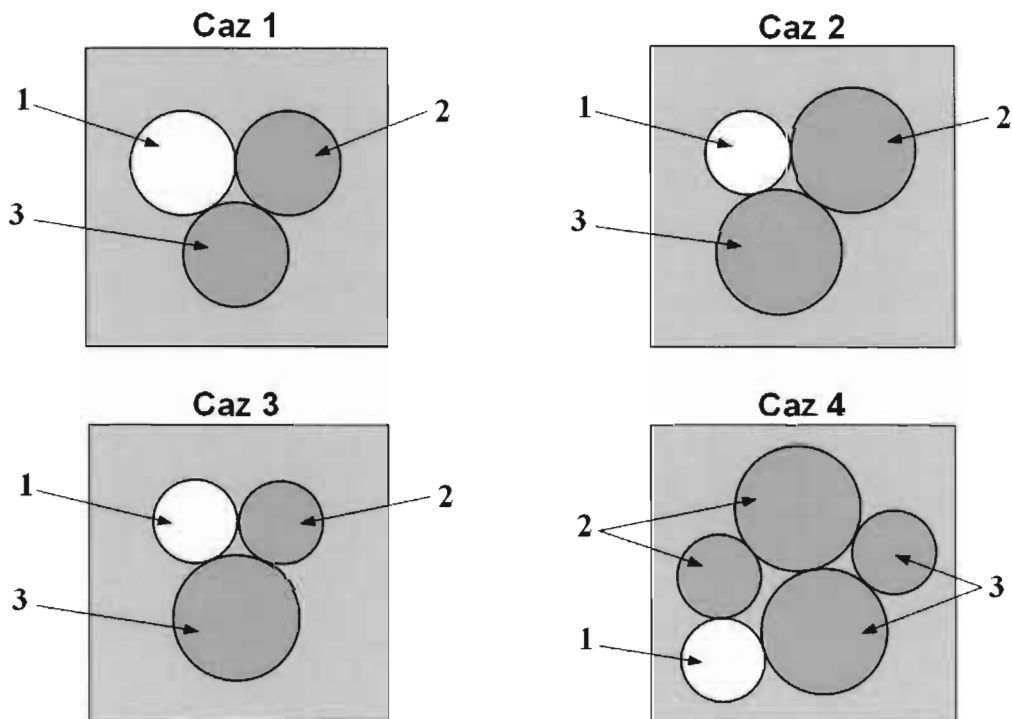
Procedeu de obținere a unor aliaje multi-element din clasa AlCrFeNi, microaliat și cu alte elemente chimice cum ar fi C, Nb, Mn, Mo, Ta, W, prin topirea cu arc electric a unui fascicul de baghete/sârme și depunerea materialului multi-element rezultat pe diferite substraturi metalice, utilizând procedeul de sudare Wolfram Inert Gaz (WIG), **caracterizat prin aceea că** baghetele care alcătuiesc fasciculul pot avea compoziții chimice diferite, diametre identice sau diferite, în funcție de rețeta de aliaj multi-element dorită, iar parametrii regimului de topire se stabilesc, astfel încât să se asigure topirea completă și uniformă a materialelor baghetelor, prin poziționarea baghetelor cu temperatură de topire mai mare în zona superioară a fasciculului, sub acțiunea directă a arcului electric, în scopul obținerii unui strat omogen de aliaj multi-element, alcătuit din mai multe straturi alăturate și parțial suprapuse, caracterizate prin proprietăți speciale de rezistență la uzură, oxidare, coroziune și impact, în vederea obținerii unor structuri metalice multi-component utilizate în industria chimică, petrochimică, militară, navală, producătoare de energie, constructoare de mașini, transport și minieră, existând posibilitatea de stabilire a compoziției chimice a aliajului multi-element pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor utilizate, în funcție de numărul și diametrele acestora, iar creșterea gradului de omogenizare chimică și îmbunătățirea proprietăților aliajului depus prin sudare pot fi obținute prin retopiri ale depunerilor pe diferite direcții, transversal, longitudinal sau combinat (transversal și longitudinal), în raport cu direcția inițială de depunere, utilizând procedeul WIG, fără material de adaos.



## Borderou figuri



**Fig. 1.** Procedee de obținere a aliajului multi-element prin sudare WIG:  
1 - electrod de wolfram, 2 - gaz de protecție (Ar), 3 - aliaj multi-element depus, 4 - fascicul de baghete, 5 – substrat (material de bază).



**Fig. 2.** Realizarea fasciculului de baghete cu diametre identice sau diferite:  
1 – bagheta de Al, 2 – bagheta de oțel inoxidabil, 3 – bagheta de NiCr