



(11) **RO 135988 B1**

(51) **Int.Cl.**  
**C22C 30/00** (2006.01);  
**C23C 26/02** (2006.01);  
**B23K 9/04** (2006.01)

(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00210**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/03/2024** BOPI nr. **3/2024**

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

(73) Titular:  
• **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**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RU 2690265 C1; CN 110280922;**  
**CN 109252083 A; CN 113981292 A**

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE A UNEI DEPURARI DIN ALIAJ  
MULTI-ELEMENT TIP AICrFeNi PRIN TOPIRE CU ARC  
ELECTRIC ÎN MEDIU DE GAZ PROTECTOR INERT**

Examinator: ing. ARGHIRESCU MARIUS



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

**RO 135988 B1**

# RO 135988 B1

1           Invenția se referă la un procedeu de obținere a unui aliaj multi-element din clasa de  
aliere AlCrFeNi sub formă de strat de depunere, prin topirea cu arc electric a unui fascicul  
3 de baghete/sârme și depunerea materialului multi-element rezultat pe diferite substraturi  
metalice utilizând procedeul de sudare WIG (Wolfram Inert Gaz).

5           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  
7 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),  
9 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  
11 (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  
13 of Science indicând peste 7000 de articole publicate pe această temă [7].

Compoziția specială a aliajelor multi-component conferă acestor materiale proprietăți  
15 mecanice remarcabile, incluzând rezistență și duritate ridicată, rezistență la uzură la  
temperaturi ridicate, la coroziune și oxidare și o bună stabilitate structurală, făcându-le  
17 atractive pentru multe domenii industriale [8], [9]. Principalul avantaj, față de aliajele  
tradiționale, este dat de capacitatea acestor materiale de a-și menține caracteristicile meca-  
19 nice 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  
21 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  
23 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  
25 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  
27 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  
29 pentru rezistența la rupere și o alungire de 40% [16].

Cea mai uzuală metodă de obținere a lingourilor din aliaje multi-component este  
31 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  
33 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  
35 [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  
37 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:  
39 grosimea mică a straturilor depuse prin pulverizare, utilizarea unor instalații complexe cu cost  
ridicat (magnetron, instalație Laser), necesitatea unor operații tehnologice pregătitoare  
41 (crearea amestecului de pulberi; aplicarea unor operații tehnologice de pregătire a ames-  
tecului de pulberi, în vederea topirii acestuia pe suprafața substratului; fabricarea și răsucirea  
43 sârmelor din elementele chimice).

Este cunoscut și documentul **RU 2690265 C1/2019**, care prezintă o metodă de  
45 producere a unor acoperiri cu mai multe componente din metale neferoase, inclusiv retopirea  
materialelor metalice originale pe un substrat printr-un arc electric cu un electrod de wolfram  
47 neconsumabil într-o atmosferă de gaz inert, caracterizată prin aceea că materialele metalice  
originale utilizate sunt preforme din fire răsucite sau un pachet de plăci sau de pulberi, din

# RO 135988 B1

Al, Ti, Ni, Cr, Fe, Mo, Mn, Cu, Zn, W, Nb, Zr, Ta sau aliajele acestora, iar retopirea este desfășurată într-un mod pulsant, cu o amplitudine a impulsului de curent de 100-400 A, durata pulsului 20-500 μs, frecvența de repetare a pulsului: 200-5000 Hz, curent de așteptare în intervalul dintre impulsuri 12 -50 A, când substratul se mișcă față de electrod. 1  
3

De asemenea, documentul: **CN 110280922 A/2019** prezintă un fir de sudură de tip cablu pentru fabricarea de aditivi din aliaj de înaltă entropie prin topire în arc electric, sârma de sudare de tip cablu cuprinzând un fir de sudare centrală și o multitudine de fire de sudare periferice care îl înconjoară, unghiul de spiralare în elice și lungimea de întindere T a sârmei de sudare tip cablu fiind stabilite în mod specific, astfel încât sârma de sudare tip cablu rezultată să aibă o adâncime mică de penetrare și o rată scăzută de diluare în timpul sudării, formarea unui aliaj cu entropie ridicată drept strat de acoperire fiind realizată în timpul amestecării metalului topit, descărcarea rapidă a gazului și a zgurii putând fi accelerată și putând fi realizate piese de formă complexă cu economie de materii prime. 5  
7  
9  
11  
13

Un alt document: **CN 109252083 A/2019**, prezintă o metodă de obținere a unui aliaj multifazic de înaltă entropie cu rezistență excelentă la coroziune la temperatură înaltă și performanță mecanică, compus din următoarele componente chimice în procente de masă (at.%): 5-40% Fe, 2-30% Cr, 15-45 % Ni, 3-25% Al și 0,2-2,0% Nb, la care se pot adăuga unul sau mai multe elemente: 0-0,5% C, 0-4% Mo, 0-35% Mn, 0-35% Cu, 0-35% Co, 0-2,0% de Si, 0-1,0% Ti, 0-1,0% V, 0-0,8% W și 0-0,5% Y, metoda fiind realizată prin tratarea materiilor prime de înaltă puritate, amestecare, topire într-un cuptor cu inducție în vid, modelare prin turnare și tratament termic. 15  
17  
19  
21

Este cunoscut și documentul **CN 113981292 A/28.01.2022**, care prezintă o metodă de obținere a unui aliaj cu entropie ridicată din seria AlCoCrFeNi, cu rezistență și plasticitate excelente, conținând în procente atomice: 18 -21% Al, 1 -10% Co, 15 -19% Cr, 20- 24% Fe și 33 -41% Ni, prin topire cu arc electric cu electron neconsumabil în gaz protector (Ar), cu retopirea depunerii cu arc electric, pentru omogenizare, 23  
25

Problema tehnică pe care o rezolvă procedeul conform invenției constă în reglarea cât mai facilă dar corectă a parametrilor fizico-chimici de obținere a unei acoperiri omogene pentru o suprafață metalică cu aliaj tip AlCrFeNi prin metoda topirii cu arc electric. 27  
29

Procedeul conform invenției rezolvă această problemă tehnică prin aceea că pentru obținerea unei depuneri omogene de aliaj din clasa AlCrFeNi cu compoziție predeterminată, microaliat și cu alte elemente chimice cum ar fi C, Nb, Mn, Mo, Ta, W, este realizată topirea cu arc electric a unui fascicul de baghete sau/și sârme alese cu compoziția, diametrul și numărul în funcție de rețeta de aliaj multi-element selectată, prin poziționarea baghetelor cu temperatură de topire mai mare în zona superioară a fasciculului, sub acțiunea directă a arcului electric, astfel încât să se obțină un strat de aliaj multi-element alcătuit din mai multe straturi alăturate și parțial suprapuse cu rezistență mărită la uzură, oxidare, coroziune și impact, iar retopirea de omogenizare finală este realizată prin retopiri ale depunerilor pe diferite direcții: transversal, longitudinal sau combinat, în raport cu direcția inițială de depunere, fără material de adaos. 31  
33  
35  
37  
39

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. 41  
43  
45  
47

# RO 135988 B1

1           Procedeul de realizare a unei depuneri din aliaj multi-element tip AlCrFeNi prin topire  
în arc electric conform invenției prezintă următoarele avantaje:

3           - procedeul 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  
5           grosimi variabile, nelimitate de procesul tehnologic, prin aplicarea unei tehnologii convențio-  
nale de depunere prin sudare cu materiale de adaos standardizate, fără operații tehnologice  
7           pregătitoare;

9           - aliajul metalic multi-element, de realizare a depunerii prin procedeul conform  
invenției, prezintă concomitent valori de duritate și rezistență la compresiune ridicate, fiind  
alcătuit din minim patru elemente metalice de puritate avansată, existând posibilitatea de  
11          stabilire a compoziției chimice în funcție de aplicația industrială și proprietățile dorite.

13          Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu fig. 1, 2, care  
reprezintă:

15          - fig. 1, vedere cu secțiune verticală a părții de instalație de aplicare a procedurii  
conform invenției; (1- electrod de W; 2- gaz de protecție (Ar); 3- aliaj multi-element depus;  
4- fascicul de baghete; 5- substrat metalic);

17          - fig. 2, moduri de realizare a fasciculului de baghete cu diametre identice sau diferite:  
(a- baghetă de Al; b- baghetă de oțel-inox; c- baghetă de Ni-Cr).

19          Procedeul conform invenției, de realizare a unei depuneri din aliaj multi-element tip  
AlCrFeNi prin topire în arc electric, constă în topirea unui fascicul de baghete cu compoziții  
21          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  
23          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  
25          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  
27          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  
29          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  
31          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  
33          direcție transversală, longitudinală sau combinată (transversală și longitudinală) în raport cu  
direcția inițială de depunere, utilizând procedeul WIG, fără material de adaos. Pentru evitarea  
35          aparității fisurilor, se recomandă ca temperatura stratului depus anterior și înainte de retopire  
să fie cuprinsă în intervalul 250...350°C.

37          Principiul procedurii este prezentat schematic în fig. 1. Compoziția chimică a aliaju-  
lui multi-element poate fi controlată prin compozițiile chimice, numărul și diametrele baghe-  
39          telor 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  
41          prin sudare WIG, cu fascicul de baghete, este exemplificată prin studiile de caz 1-4.

43          Studiu de caz 1. Se formează un fascicul de baghete, cu diametre egale, care conține  
o baghetă din Al cu diametrul de 2 mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 2 mm  
și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2 mm. Baghetele se cântăresc și, pe baza  
45          compozițiilor chimice ale baghetelor care formează fasciculul de material de adaos,  
certificate de producători, se calculează compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj  
47          multi-element, AlCr<sub>0,7</sub>FeNiMo<sub>0,1</sub>, în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice  
principale (Al, Ni, Cr, Fe) și de microaliere (Mo- Tabel 1).

# RO 135988 B1

## Compoziția chimică a aliajului $AlCr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$

Tabel 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	29,99	5,157	1,514	14,58	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 1,6 mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 2,4 mm și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2,4 mm. 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).

## Compoziția chimică a aliajului $Al_{0,5}Cr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$

Tabel 2

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 1,6 mm, o baghetă din oțel inoxidabil cu diametrul de 1,6mm și o baghetă din aliaj NiCr cu diametrul de 2,4 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,  $AlCrFeNi_{1,9}Mo_{0,2}$ , în compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de microaliere (Mo) (Tabel 3).

## Compoziția chimică a aliajului $AlCrFeNi_{1,9}Mo_{0,2}$

Tabel 3

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

# RO 135988 B1

1                    Studiul de caz 4. Pentru creșterea conținutului de Cr și Ni, care conferă rezistență la  
2 corozivitate, uzură și oxidare, se formează un fascicul de baghete, cu diametre diferite, care  
3 conține o baghetă din Al cu diametrul de 1,6 mm, două baghete din oțel inoxidabil cu  
4 diametrele de 2,4 mm și 1,6 mm și două baghete din aliaj NiCr cu diametrele de 2,4 mm și  
5 1,6 mm. Baghetele se cântăresc și, pe baza compozițiilor chimice ale baghetelor care  
6 formează fasciculul de material de adaos, certificate de producători, se calculează  
7 compoziția chimică și raportul atomic al noului aliaj multi-element,  $Al_{0,3}Cr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$  în  
8 compoziția căruia se regăsesc elementele chimice componente (Al, Ni, Cr, Fe) și cele de  
9 microaliere (Mo) (Tabel 4).

11                    Compoziția chimică a aliajului  $Al_{0,3}Cr_{0,7}FeNiMo_{0,1}$

Tabel 4

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

19                    1. Ye Y.F., Wang Q., Lu J., Liu C.T., Yang Y., High-entropy alloy: challenges and  
20 prospects, Materials Today, Vol. 19, Nr. 6, 2016, pag. 349-362, <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2015.11.026>.

21                    2. Easo P.G., Dierk R., Robert O.R., High-entropy alloys, Nature Reviews Materials,  
22 Vol. 4, 2019, pag. 515-534, <https://doi.org/10.1038/s41578-019-0121-4>.

23                    3. George E.P., Curtin W.A., Tسان C.C., High entropy alloys: A focused review of  
24 mechanical properties and deformation mechanisms, Acta Materialia, Vol. 188, 2020, pag.  
25 435-474, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.12.015>.

26                    4. Sharma P., Dwivedi V.K., Dwivedi S.P., Development of high entropy alloys: A  
27 review, Materials Today, 2021, Proceedings 439(1), pag. 502-509,  
28 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.023>.

29                    5. Miracle D.B., Senkov O.N., A critical review of high entropy alloys and related  
30 concepts, Acta Materialia, Vol. 122, 2017, pag. 448-511, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2016.08.081>.

31                    6. Zhang Y., Zuo T.T., Tang Z., Gao M.C., Dahmen K.A., Liaw P.K., Lu Z.P.,  
32 Microstructures and properties of high-entropy alloys, Progress in Materials Science, Vol. 61,  
33 2016, pag. 1-93, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.10.0017>.

34                    7. <https://www.webofscience.com/>

35                    8. Tsai M.-H., Yeh J. W., High-Entropy Alloys: A critical review, Materials Research  
36 Letters, Vol. 2, Nr. 3, 2014, pag. 107-123, <https://doi.org/10.1080/21663831.2014.912690>

37                    9. Li W., Xie D., Li D., Zhang Y., Gao Y., Liaw P.K., Mechanical behavior of high-entropy  
38 alloys, Progress in Materials Science, Vol. 118, 2021, pag. 1-142, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2021.100777>.

39                    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  
40 J., Zhang Y., Excellent ductility and serration feature of metastable CoCrFeNi high-entropy alloy  
41 at extremely low temperatures, Science China Materials, Vol. 62(6), 2019, pag. 853-863,  
42 <https://doi.org/10.1007/s40843-018-9373-y>.

# RO 135988 B1

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>. 1  
3
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>. 5  
7
13. Wang W. ft, 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>. 9
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>. 11  
13
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>. 15  
17
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>. 19
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>. 21  
23
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>. 25  
27
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>. 29
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>. 31  
33
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>. 35  
37
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>. 39  
41
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>. 43
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>. 45  
47

# RO 135988 B1

- 1           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,  
3 Journal of Alloys and Compounds, Vol. 775, 2019, pag 1-14,  
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.10.091>.
- 5           26. Liu J., Liu H., Chen P., Hao J., Microstructural characterization and corrosion  
behaviour of AlCoCrFeNiTi high-entropy alloy coatings fabricated by laser cladding, Surface  
7 and Coatings Technology, Vol. 361, 2019, pag 63-74,  
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.01.044>.
- 9           27. Patent CN106086580A High-entropy alloy powder for laser cladding and  
preparation method of cladding layer, [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/  
11 family/057479215/publication/CN106086580A?q=pn%3DCN106086580A](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057479215/publication/CN106086580A?q=pn%3DCN106086580A).
- 13           28. Patent CN103290404A Laser-cladding high-entropy alloy powder and preparation  
method of high-entropy alloy coating [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/  
15 family/049091915/publication/ CN103290404A ?q= pn%3DCN103290404A](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/049091915/publication/CN103290404A?q=pn%3DCN103290404A).
- 17           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/  
19 publication/CN106319513A?q=pn%3DCN106319513A](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057819772/publication/CN106319513A?q=pn%3DCN106319513A).
- 21           30. Huo W.Y., ShiH.F., RenX. 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>.
- 23           31. Fereidouni M., SarkariM., Mahmoud K., SohiH., Liquid phase cladding of  
AlxCoCrFeNi high entropy alloys on AISI 304L stainless steel, Surface and Coatings  
25 Technology, Vol. 402, 2020, 126331, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126331>.
- 27           32. Patent RU2690265C1, Method of producing multicomponent coatings from  
nonferrous metals, <https://patents.google.com/patent/RU2690265C1/en>.
- 29           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](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/059185356/publication/CN106894015A?q=pn%3DCN106894015A).
- 31           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>.



# RO 135988 B1

## Revendicare

1

Procedeu de realizare a unei depuneri din aliaj multi-element tip AlCrFeNi prin topire cu arc electric generat prin metoda WIG, cu electrod neconsumabil, în mediu de gaz protector inert, a unui fascicul de sârme din Al, Cr, Fe, Ni sau din aliaje ale lor conținând și alte elemente chimice, și retopire de omogenizare finală cu arc electric, **caracterizat prin aceea că**, pentru obținerea unei depuneri omogene de aliaj din clasa AlCrFeNi microaliat și cu alte elemente chimice cum ar fi C, Nb, Mn, Mo, Ta, W, este realizată topirea cu arc electric a unui fascicul de baghete sau/și sârme alese cu compoziția, diametrul și numărul în funcție de rețeta de aliaj multi-element selectată, prin poziționarea baghetelor cu temperatură de topire mai mare în zona superioară a fasciculului, sub acțiunea directă a arcului electric, astfel încât să se obțină un strat de aliaj multi-element alcătuit din mai multe straturi alăturate și parțial suprapuse cu rezistență mărită la uzură, oxidare, coroziune și impact, iar retopirea de omogenizare finală este realizată prin retopiri ale depunerilor pe diferite direcții: transversală, longitudinală sau combinată, în raport cu direcția inițială de depunere, fără material de adaos.

(51) Int.Cl.

C22C 30/00 (2006.01);

C23C 26/02 (2006.01);

B23K 9/04 (2006.01)

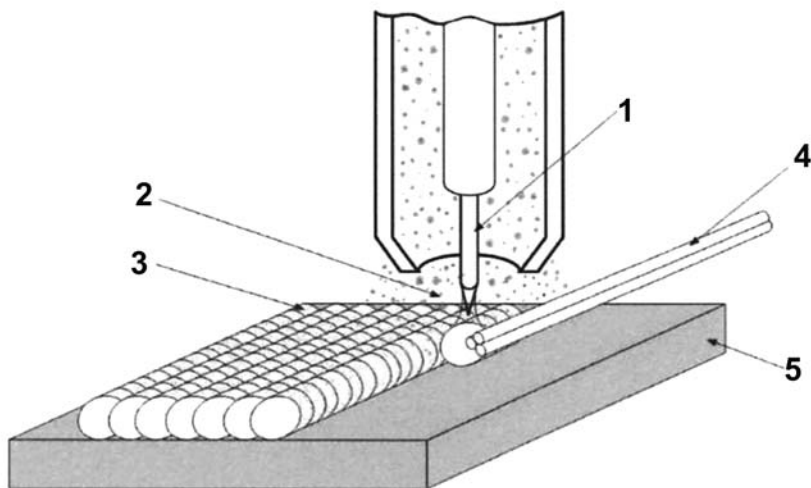


Fig. 1

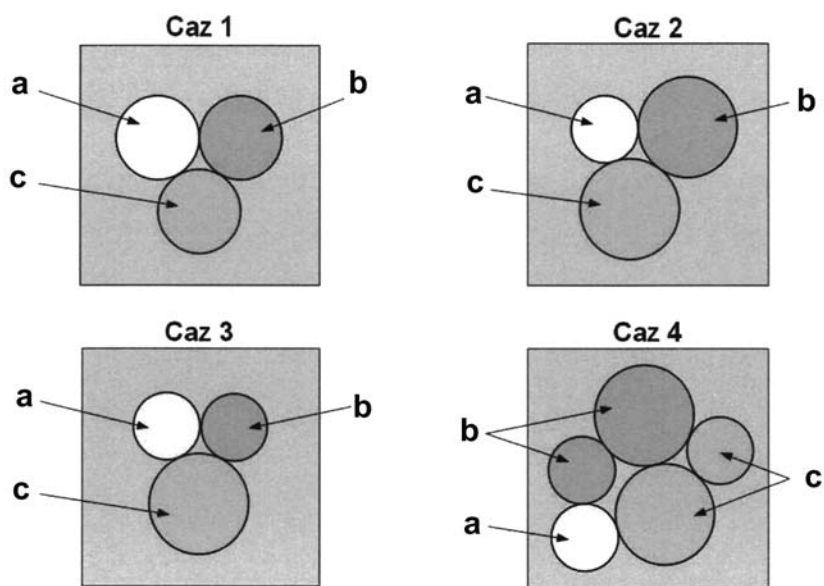


Fig. 2



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 101/2024