

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00821

(22) Data de depozit: 29/11/2019

(41) Data publicării cererii:
28/05/2021 BOPI nr. 5/2021

(71) Solicitant:
• GEANTĂ VICTOR, STR. IANI BUZOIANI
NR. 1, BL. 16 A, AP. 32, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• VOICULESCU IONELIA, STR. CRISTIAN
PASCAL, NR. 18, SECTOR 6, BUCUREȘTI,
B, RO;
• MITRICĂ DUMITRU, BVD. 1 DECEMBRIE,
NR. 30, BL. Z4, S6, PĂRTER, AP. 66,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• ROTARIU ADRIAN, STR. ANTIAERIANĂ,
NR. 6A-27, BL. C4, ET. 1, AP. 5, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• GEANTĂ VICTOR, STR. IANI BUZOIANI
NR. 1, BL. 16 A, AP. 32, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• VOICULESCU IONELIA, STR. CRISTIAN
PASCAL, NR. 18, SECTOR 6, BUCUREȘTI,
B, RO;
• MITRICĂ DUMITRU, BVD. 1 DECEMBRIE,
NR. 30, BL. Z4, S6, PĂRTER, AP. 66,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• ROTARIU ADRIAN, STR. ANTIAERIANĂ,
NR. 6A-27, BL. C4, ET. 1, AP. 5, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) ALIAJE CU ENTROPIE ÎNALTĂ DIN SISTEMUL
MULTIELEMENT HaMoNiNbTaW DESTINATE FABRICĂRII
PENETRATOARELOR CU ENERGIE CINETICĂ RIDICATĂ
ȘI PROCEDEU DE CONSOLIDARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la aliaje cu entropie ridicată din sistemul multielement HfMoNiNbTaW destinate fabricării penetratoarelor cu energie cinetică ridicată cu densitate și duritate ridicate, cu rezistență la impact și proprietăți compressive înalte și la un procedeu de consolidare a acestora. Aliajele conform invenției sunt constituite fiecare din câte cinci elemente metalice de puritate > 99,5% având următoarele compoziții chimice exprimate în procente în greutate:

a) Hf = 25...26, 5%, Mo = 13...14%, Ni = 7...8%, Ta = 26...27, 5%, W = 27...28, 5% pentru aliajul HfMoNiTaW și

b) Hf = 24, 5...26%, Mo = 12...13%, Nb = 6...8%, Ta = 26, 5...28%, W = 28...29% pentru aliajul HfMoNbTaW cu densități cuprinse între 13,5...14,5 g/cm³ și temperaturi de topire cuprinse între 2500...2700°C, materiale care prezintă în stare turnată valori medii ale microdurității de 550 HV_{0,5} pentru primul aliaj și respectiv 650 HV_{0,5} pentru al doilea, iar după aplicarea tratamentelor termice de omogenizare pentru consolidare prezintă o duritate asociată de 570 HV_{0,5} pentru primul aliaj și respectiv de 760 HV_{0,5} pentru al doilea aliaj, aliajele fiind obținute prin topire și omogenizare într-o instalație de retopire cu arc în vid sub atmosferă de protecție cu argon. Procedeu de consolidare conform invenției cuprinde înfolierea aliajelor în folii de aluminiu, împachetarea în pastă de caolin, introducerea într-un creuzet metalic sub strat protector de

nisip cuarțos pentru prevenirea oxidării, urmat de tratamente termice care constau în încălzire până la 900°C, menținere pe palier timp de 2 ore și călire bruscă în apă.

Revendicări: 2
Figuri: 6

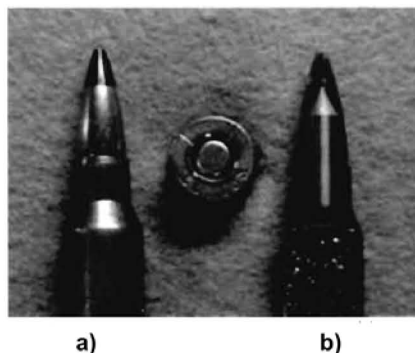


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 219 00821</u>
Data depozit <u>...2.9.-11- 2019..</u>

**ALIAJE CU ENTROPIE ÎNALTĂ DIN SISTEMUL MULTI-ELEMENT
HaMoNiNbTaW DESTINATE FABRICĂRII PENETRATOARELOR CU ENERGIE
CINETICĂ RIDICATĂ ȘI PROCEDEU DE CONSOLIDARE**

**Inventatori: GEANTĂ VICTOR, VOICULESCU, IONELIA,
MITRICĂ DUMITRU, ROTARIU ADRIAN**

Prezenta invenție se referă la **2 (două) tipuri de aliaje cu entropie înaltă**, cu densitate și duritate ridicate, cu rezistență la impact și proprietăți compresive înalte din sistemul complex HfMoNiNbTaW (HfMoNiTaW și respectiv, HfMoNbTaW) și un **procedeu de consolidare** a acestora, aliaje destinate fabricării **penetratoarelor cu energie cinetică ridicată pentru aplicații militare**.

Penetratoarele cu energie cinetică ridicată sunt des utilizate în practica militară la dotarea echipamentelor de asalt sau de apărare, datorită eficacității ridicate în eliminarea unor obiective strategice de mare importanță. Configurația penetratoarelor cu energie ridicată se bazează, în primul rând, pe materialul de construcție, pe dimensiune și pe geometrie.

Gloanțele sunt fabricate dintr-o varietate mare de materiale. Plumbul sau un aliaj de plumb (care conține în mod obișnuit antimoniu) este materialul tradițional al glonțului. Învelișul (mantaua) tradițional al glonțului este fabricat din cupru sau alte metale aurite, cum ar fi aliajele de cupru și zinc. Există multe alte materiale care sunt folosite astăzi la fabricarea gloanțelor, inclusiv aluminiul, bismutul, bronzul, cuprul, plasticul, cauciucul, oțelul, staniul și tungstenul.

Gloanțele realizate din material moi (cum ar fi plumbul) se extind în momentul impactului, provocând mai multe daune țintei. Gloanțele produse numai dintr-un material mai dur (cum ar fi oțelul) penetrează mai mult în ținte mai groase, dar nu se extind mult. Un miez mai moale poate fi închis sau parțial închis într-un strat de metal mai dur, denumit manta. Această manta poate îmbrăca complet glonțul sau poate lăsa vârful mai moale expus pentru expansiune. Variația cantității de înveliș modifică cantitatea de pulbere pentru expansiune. Chiar și metalele mai grele se pot extinde, mai ales dacă sunt marcate (au caneluri tăiate în ele) pentru a oferi locuri de separare, dar puține tipuri de gloanțe prezintă părți separate.

În prezent, se utilizează materiale pe bază de oțeluri înalt aliate și aliaje cu inserții din carbură de wolfram. principalele dezavantaje pe care le prezintă aceste materiale fiind, fie densitate redusă (oțelurile înalt aliate), fie tenacitate scăzută (carbura de wolfram) (fig. 1). De asemenea, obținerea acestor materiale în stare finită presupune numeroase operațiuni tehnologice de sinteză, tratament, prelucrare termomecanică și acoperiri.

Deși la exterior pot prezenta aceeași formă aerodinamică cu glonțul obișnuit, glonțul perforant conține un miez perforant care poate fi învelit într-o cămașă sau prins într-o formă de tip pahar. Miezul perforant poate fi fabricat din oțel înalt aliat sau dintr-un aliaj metalo-ceramic dur (carbura de wolfram). O variantă constructivă a gloanțelor perforante este Saboted Light Armour Penetrator/Piercing (SLAP) [1]. Prin conceperea acestor proiectile s-a urmărit păstrarea avantajului unui calibru mare în condițiile unei mase mici a proiectilului, ceea ce determină o viteză mare la părăsirea gurii de foc. Acest model elimină dezavantajele care derivă din combinația calibru mare/masă mică, care se manifestă în perioada zborului pe traiectorie, adică rezistență mare la înaintare și viteză redusă la impact la distanțe mari. Un astfel de proiectil constă într-un miez perforant din carbură de wolfram, amplasat într-o cămașă din plastic sau compozit (suport), care este prevăzută cu un inel de centrare. Obturarea țevii se

realizează de către inelul obturator de pe partea inferioară detașabilă (sabot), în interiorul căreia este dispus penetratorul subcalibru. Sabotul este în așa fel proiectat să fie atașat de proiectilul subcalibru pe toată durata deplasării în interiorul gurii de foc și, în unele cazuri, să se rotească împreună cu proiectilul. La impactul cu blindajele omogene miezul glonțului perforază blindajul, producând astfel efectul dorit asupra unei eventuale ținte dispuse în spatele blindajului. De regulă, fundul proiectilului este realizat din materiale ușoare, în acest mod, atunci când are loc separarea, penetratorul reține cea mai mare parte a impulsului. Obținerea unor valori mari pentru vitezele penetratoarelor până la țintă permit obținerea unor puteri de perforare de până la 5 calibre. În consecință, materialele metalice utilizate la fabricarea penetratoarelor cu energie cinetică ridicată trebuie să aibă o densitate ridicată, duritate, tenacitate, rezistență la compresiune pentru a evita deteriorarea masei penetrante înainte de ași atinge ținta [1 – 4].

Principalele proprietăți pe care trebuie să le îndeplinească materialele pentru realizarea penetratoarelor sunt densitatea, duritatea și tenacitatea ridicate, proprietăți compresive puternice, astfel:

- **Duritatea cât mai mare**, ca măsura a rezistenței materialului solid la pătrunderea în suprafața sa a diferitelor tipuri de penetratori, cu schimbări permanente de formă, atunci când asupra lor se aplică o forță statică sau dinamică; duritatea microscopică este, în general, caracterizată de natura și rezistența legăturilor intermoleculare și comportamentul materialului solid sub acțiunea forței imprimare;
- **Tenacitatea** descrie capacitatea unui material metalic de absorbție a energiei de rupere, rezistența matricei sale metalice la apariția și propagarea diverselor fisuri, energia de formare a suprafețelor de rupere, considerând că ruperea se face prin consumarea energiei de solicitare prin șoc, cu deformare plastică locală;
- **Rezistența la impact** reprezintă susceptibilitatea relativă la rupere prin acțiunea unor forțe aplicate cu viteze mari.
- **Proprietăți compresive puternice**, care reprezintă capabilitatea de absorbție instantanee a energiei de deformare.

Date fiind caracteristicilor impuse gloanțelor perforante, prin prezenta cerere de brevet de invenție se realizează penetratoarele de calibru mic din **aliaje cu entropie ridicată**, care prezintă o gamă largă de proprietăți mecanice, fizice și chimice, cum ar fi rezistența mecanică, duritate, rigiditate, rezistența electrică și magnetică înaltă, rezistența la coroziune etc. [3, 4].

În timp ce aliajele convenționale de înaltă rezistență se bazează, în principal, pe distribuția controlată a unei faze sau două, mai dure, proprietățile ridicate ale aliajelor cu entropie ridicată se bazează pe efectul de durificare a soluției solide suprasaturate și pe suprimarea fazelor intermetalice.

În cererea de brevet **US 0159914 /2002 A1** [5], Jien Wei-Yeh – Taiwan, inventatorul aliajelor cu entropie înaltă, le definește ca fiind aliaje multicomponente alcătuite din minim 5 elemente, cu 5 - 35% atomice din fiecare dintre acestea și care prezintă un set de valori determinate pentru duritate și rezistență la coroziune. Un număr mare de compoziții de aliaje cu entropie înaltă au fost menționate (compoziție echimolară) precum și metode de obținere (topire în cuptor electric, cu arc sau cu inducție, aliere mecanică, solidificare rapidă, metalurgia pulberilor etc.).

Cererea de brevet **US 2013/ 0108502 A1** [6] se referă la obținerea de aliaje HEA cu entropie mare de amestec, care conțin în mare majoritate elemente refractare (V, Nb, Ta, Ti, Mo, W, Hf și Re) și în care diferența procentuală dintre două elemente

nu depășește 15%. Aceste elemente au un potențial ridicat de a forma structuri monofazice cu proprietăți mecanice ridicate și rezistență la coroziune.

Cererea de brevet European **WO 2016/112210 A1** [7] extinde spectrul aliajelor cu entropie înaltă unde compozițiile nu sunt echiatomice și/sau conțin compuși intermetalici, și/sau conțin compuși ceramici (carburi, boruri, oxizi etc.). În brevet se acceptă compoziții unde un element poate fi de la 5 procente greutate până la 90% procente greutate. De asemenea, sunt listate o serie de aplicații posibile ale acestor aliaje dar fără a specifica compoziții anume pentru aceste utilizări. Brevetul înglobează întreg spectrul de metode de obținere a materialelor metalice și nemetalice (depunere, turnare, metalurgia pulberilor etc.).

Cererea de brevet OSIM, nr. **A/00942/2016** [8, 9], se referă la obținerea unui aliaj cu entropie înaltă, pe bază de AlCrFeMnNi, care după tratament termic dezvoltă o duritate ridicată de până la 1000HV. Aliajul prezentat în invenție are o duritate mult mai mică înainte de aplicarea tratamentului termic, ceea ce oferă posibilitatea unei prelucrări mecanice facile, în stare turnată. Cererea de brevet se referă la un aliaj cu o compoziții predefinită, utilizat în fabricarea de role de laminar.

În literatura de specialitate românească există destul de multe articole referitoare la obținerea și caracterizarea unor aliaje cu entropie ridicată [10 -13].

Producerea, caracterizarea și testarea în poligon a aliajelor cu entropie ridicată și a structurilor compozite realizate din diverse tipuri de materiale au fost realizate de către specialiști de la Universitatea Politehnica din București, Academia Tehnică militară, UPS Pilot Arm, STIMPEX, CRBN București prin proiecte comune de cercetare științifică și prezentate în diverse lucrări de specialitate [14 - 19].

Pentru fabricarea **penetratoarelor cu energie cinetică ridicată**, specifice acestui brevet, s-au ales aliaje cu entropie ridicată care conțin elemente cu densitate ridicată și rezistență la șoc, pentru a evita apariția fisurilor sau distrugerea la impactul cu suprafețe dure. Aceste materiale trebuie să aibă simultan, caracteristici deosebite precum: duritate ridicată, proprietăți compresive puternice, capabile să absoarbă instantaneu energia de deformare.

În prezenta cerere de brevet se propune înlocuirea materialelor uzuale de fabricație a penetratoarelor cu energie cinetică ridicată cu aliaje de entropie înaltă pe bază din HfMoNiTaW și HfMoNbTaW, care au densitatea ($13,5 - 14,5 \text{ g/cm}^3$) și duritate (peste 600 HV) ridicate, și care datorită efectului de entropie înaltă, prezintă tenacitate superioară materialelor convenționale ($6 - 8 \text{ Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$). Aceste aliaje formează structuri omogene cu faze durificatoare uniform distribuite în volumul materialului. Pentru a obține forma finită a materialului sunt necesare operațiuni tehnologice uzuale care se aplică pentru obținerea majorității aliajelor convenționale. Aliajele se obțin prin elaborare în cuptor cu arc, în instalații cu flux de electroni sau în instalații de retopire cu arc în vid, după care urează fenomenul de consolidare.

Aliajele metalice cu entropie ridicată din sistemele **HfMoNiTaW** și **HfMoNbTaW** destinate aplicațiilor militare pentru penetratoare cu energie cinetică ridicată, constituite din elemente cu densitate foarte mare și care face obiectul invenției, prezintă concomitent duritate și tenacitate ridicate, fiind alcătuit fiecare din câte cinci elemente metalice de puritate avansată (peste 99,5%), având compoziția chimică situată în domeniile de valori, după cum urmează: Hf = 25 - 26,5%; Mo = 13 - 14%; Ni = 7 - 8%; Ta = 26 - 27,5%; W = 27 - 28,5% pentru aliajul HfMoNiTaW și respectiv, Hf = 24,5 - 26%; Mo = 12 - 13%; Nb = 6 - 8%; Ta = 26,5 - 28%; W = 28 - 29% pentru aliajul HfMoNbTaW, cu densități de $13,5 - 14,5 \text{ g/cm}^3$ și temperaturi de topire de 2500 - 2700°C, materiale care înainte de tratamente termice (în stare turnată) prezintă valori medii ale microdurității de 550 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNiTaW și

respectiv 650 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNbTaW, iar după aplicarea unor tratamente termice de omogenizare pentru consolidare prezintă o duritate asociată de 570 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNiTaW și respectiv, 760 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNbTaW, fiind obținute prin topire și omogenizare într-o instalație de retopire cu arc în vid sub atmosferă protectoare de argon (fig. 2).

Tehnologia de consolidare a aliajelor metalice din sistemele HfMoNiTaW și HfMoNbTaW destinate aplicațiilor militare este identică pentru cele două clase de aliaje și cuprinde înfolierea în folii din aluminiu (fig. 3), împachetare în pastă de caolin (fig. 4), introducere într-un creuzet metalic sub strat protector de nisip cuarțos pentru prevenirea oxidării în timpul tratamentelor termice (fig. 5), urmate de tratamente termice care constau în încălzire până la 900°C, menținere pe palier timp de 2 ore și călire bruscă în apă, conform diagramei prezentate în fig. 6.

Conform invenției, aliajele proiectate, înlătură unele dintre dezavantajele materialelor existente prin aceea că:

- se obțin caracteristici ridicate de duritate și tenacitate pentru aliaje cu densitate comparabilă cu a carburii de wolfram, datorita compoziției chimice adecvate alcătuite din fracții echimolare ale elementelor componente, ajustate prin varietatea proporțiilor acestora și prin modalitățile de obținere;
- stabilitatea structurală mare a aliajelor propuse conferă proprietăți mecanice superioare;
- Alegerea instalației RAV pentru obținerea aliajului este dictată de temperatura de topire foarte mare a elementelor componente;
- Compoziția chimică poate fi foarte riguros controlată în cadrul procesului tehnologic de obținere a aliajului metalic în instalația RAV, prin utilizarea unor materiale metalice de puritate avansată;
- Prin utilizarea unor plăci de bază din cupru, cu profil corespunzător se pot realiza diferite forme metalice utilizabile în aplicații chirurgicale, cu prelucrări mecanice minime.
- Pierderile de materiale metalice sunt scăzute în instalația RAV sunt minime datorită specificității procedurii metalurgic.
- Consolidarea structurii aliajelor nu necesită tratamente termo-mecanice complexe pentru a obține durități ridicate și nu necesită procese complexe de sinteză similare materialelor ceramice.

Un exemplu de realizare a invenției este prezentat în cele ce urmează.

Materialele metalice utilizate Hf, Mo, Ni, Nb, Ta, Ti, Zr de puritate înaltă (peste 99,5 %) sunt selectate și pregătite mecanic adecvat introducerii în alveolele plăcii de cupru a instalației RAV. Calculul de încărcătură ține cont de pierderile minime de elemente care apar în timpul obținerii aliajului (în principiu, sub 1% pentru fiecare element în parte). Ordinea de adăugare a elementelor pentru aliajul HfMoNiTaW este Hf, Mo, W, Ta, Ni, iar pentru aliajul HfMoNbTaW este Hf, Mo, W, Ta, Nb pentru a avea garanția creării unei băi metalice capabilă să dizolve cât mai rapid elementele cu temperatură ridicată de topire. În instalație, prin vidări repetate cu ajutorul pompei de vid preliminar și a pompei de difuziune se creează un nivel de vid de circa $3 - 5 \times 10^{-3}$ mbari, după care urmează o purjare a încărcăturii cu Argon 5.3 timp de 20 min. Urmează topirea încărcăturii metalice sub acțiunea arcului electric creat între electrodul de wolfram thoriat și aceasta, procesul desfășurându-se secvențial cu întoarceri repetate ale mini-lingourilor de minim 8- 10 ori pentru omogenizarea deplină. După răcire, mini-lingourile sunt cântărite pentru determinarea scoaterii (eficiența procesului de elaborare) și trimise în laboratoare adecvate pentru efectuarea tratamentelor termice, determinarea proprietăților fizico-mecanice, de coroziune, micro

structurale, teste de simulare cu tun Taylor și bara Hopkinson, precum și teste de poligon. Tehnologia de consolidare a aliajelor metalice din sistemele HfMoNiTaW și HfMoNbTaW destinate aplicațiilor militare este identică pentru cele două clase de aliaje și cuprinde înfolierea în folii din aluminiu, împachetare în pastă de caolin, introducerea într-un creuzet metalic sub strat protector de nisip cuarțos (pentru prevenirea oxidării în timpul tratamentelor termice, urmate de tratamente termice care constau în încălzire până la 900°C, menținere pe palier 2 ore și călitate brusc în apă, după o diagramă propusă de autorii invenției.

Acknowledgments. This work was supported by a grant of the Romanian Ministry of Research and Innovation, CCCDI - UEFISCDI, Project number PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0875 – 20/2018 (HEAPROTECT).

BIBLIOGRAFIE

- [1] C. McNab, „The Barrett Rifle: Sniping and anti-materiel rifles in the War on Terror”, Bloomsbury Publishing, 2016.
- [2] R. Eckhardt, N. Shera, „Los Alamos Science. Unsolved problems in the science of life”, Los Alamos National Laboratory, 1988.
- [3] Donald R. Kennedy. History of the Shaped Charge Effect, The First 100 Years — USA – 1983. Defense Technology Support Services Publication, 1983.
- [4] Brooks, John (2016). The Battle of Jutland. Cambridge: Cambridge University Press., 90. ISBN 9781107150140, 2016, pp. 76–79.
- [5] J. W. Yeh, S. K. Chen, S. J. Lin, J. Y. Gan and T.S. Chin, Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principal Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes, *Advanced Engineering Materials*, vol. 6, issue 5, 2004, pp. 299-303.
- [6] Y. Zhang, T. T. Zuo, Z. Tang, M. C. Gao, K. A. Dahmen, P. K. Liaw and Z. P. Lu, Microstructures and properties of high-entropy alloys, *Progress in Materials Science*, vol. 61, 2014, pp. 1-93
- [7] J.-W. Yeh, High entropy multielement alloys, Cerere brevet SUA , nr. US 2002/0159914 A1
- [8] Hongbin Bei, Multi-component solid solution alloys having high mixing entropy, cerere brevet SUA, nr. US 2013/ 0108502 A1
- [9] K. Vecchio, J. L. Cheney, High entropy alloys with non-high entropy second phases, Cerere brevet European, nr. WO 2016/112210 A1.
- [10] D. Mitrica, V. Soare, A. Caragea, M. Olaru, I. Carcea, R. Chelariu, M. Gheorghe, M. Sarghi, G. Popescu, I. Csaki, „Procedeu de obținere aliaj cu entropie înaltă prelucrabil și cu duritate ridicată, pentru fabricarea de role de laminor”, Cerere brevet OSIM, nr.A201600942.
- [11] Geantă, V., Voiculescu, I., Miloșan, I., Istrate, B., Mateș, I.M. Chemical Composition Influence on Microhardness, Microstructure and Phase Morphology of AlxCrFeCoNi High Entropy Alloys. *REVISTA DE CHIMIE*, Vol. 69, Issue 4, p.798-801, Apr. 2018. ISSN: 0034-7752.
- [12] Voiculescu, I., Geantă, V., Ștefănoiu, R., Patroi, D., Binchiciu, H. Influence of the Chemical Composition on the Microstructure and Microhardness of AlCrFeCoNi High Entropy Alloy. *REVISTA DE CHIMIE*, Vol. 64, No. 12, 2013, p.1441-1444. ISSN: 0034-7752. WOS: 000330914400016.

- [13] Voiculescu, I., Geantă, V., Vasile, I.M., Ștefănoiu, R., Tonoiu, M. Characterisation of weld deposits using as filler metal a high entropy alloy. JOURNAL OF OPTOELECTRONICS AND ADVANCED MATERIALS, Vol. 15, No. 7-8, July – August 2013, p.650 – 654, ISSN: 1454-4164. WOS: 000323397900009.
- [14] Geantă, V., Voiculescu, I. High Entropy Alloys. Chapter - Characterization and Testing of High Entropy Alloys from AlCrFeCoNi System for Military Applications. DOI: 10.5772/intechopen.88622 /intechopen, 23 October 2019.
- [15] Geantă, V., Voiculescu, I., Chereches, T., Zecheru, T., Matache, L., Rotariu, A. Behavior to Dynamic Loads of Multi-layer Composite Structures. REV. MAT. PLAST. Volume 56, Issue 2, Pages: 460-465. ISSN: 0025-5289. WOS: 000476641000034.
- [16] Geantă, V., Voiculescu, I., Ștefănoiu, R., Cherecheș, T., Zecheru, T., Matache, L., Rotariu A. Dynamic Impact behavior of High Entropy Alloys Used in Military Domain. ICIR-EUROINVENT, Iași, May 17-18 2018. Book series: IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. Volume: 374. ISSN: 1757-8981. Article Number: UNSP 012041, DOI: 10.1088/1757-899X/374/1/012041. WOS: 000446775900041.
- [17] Geantă, V., Cherecheș, T., Lixandru, P., Voiculescu, I., Ștefănoiu, R., Dragnea, D., Zecheru, T., Matache, L. Virtual Testing of Composite Structures Made of High Entropy Alloys and steel. METALS, Vol. 7, Issue 11, ISSN: 2075-4701. Article number: 496, 2017. DOI: 10.3390/met7110496. WOS: 000416803200046.
- [18] Geantă, V., Cherecheș, T., Lixandru, P., Voiculescu, I., Ștefănoiu, R., Dragnea, D., Zecheru, T., Matache, L. Simulation of Impact Phenomena on the Composite Structures Containing Ceramic Plates and High Entropy Alloys. International Conference on Innovative Research (ICIR Euroinvent), Iași, Romania, May, 25-26, 2017. Vol. 209, ISSN: 1757-8981. Article Number: 012043. DOI: 10.1088/1757-899X/209/1/012043. WOS: 000423732100043.
- [19] Grant of the Romanian Ministry of Research and Innovation, CCCDI – UEFISCDI, project number PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0239/20 PCCDI 2018, “ Individual and collective protection systems for the military domain based on high entropy alloy - HEAPROTECT”, within PNCDI III.

REVENDICĂRI

1. **Aliaje metalice cu entropie ridicată din sistemele HfMoNiTaW și HfMoNbTaW** destinat aplicațiilor militare pentru penetratoare cu energie cinetică ridicată, constituit din elemente cu densitate foarte mare și care face obiectul invenției, prezintă concomitent duritate și tenacitate ridicate, fiind alcătuit fiecare din câte cinci elemente metalice de puritate avansată (peste 99,5%), având compoziția chimică situată în domeniile de valori, după cum urmează: Hf = 25 - 26,5%; Mo = 13 - 14%; Ni = 7 - 8%; Ta = 26 - 27,5%; W = 27 - 28,5% pentru **aliajul HfMoNiTaW** și respectiv, Hf = 24,5 - 26%; Mo = 12 - 13%; Nb = 6 - 8%; Ta = 26,5 - 28%; W = 28 - 29% pentru **aliajul HfMoNbTaW**, cu densități de 13,5 - 14,5 g/cm³ și temperaturi de topire de 2500 - 2700°C, materiale care înainte de tratamente termice (în stare turnată) prezintă valori medii ale microdurității de 550 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNiTaW și respectiv 650 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNbTaW, iar după aplicarea unor tratamente termice de omogenizare pentru consolidare prezintă o duritate asociată de 570 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNiTaW și respectiv, 760 HV_{0.5} pentru aliajul HfMoNbTaW, fiind obținute prin topire și omogenizare într-o instalație de retopire cu arc în vid sub atmosferă protectoare de argon.

2. **Tehnologia de consolidare a aliajelor metalice din sistemele HfMoNiTaW și HfMoNbTaW** destinate aplicațiilor militare este identică pentru **cele două clase de aliaje** și cuprinde înfolierea în folii din aluminiu, împachetarea în pastă de caolin, introducerea într-un creuzet metalic sub strat protector de nisip cuarțos pentru prevenirea oxidării în timpul tratamentelor termice, urmate de tratamente termice care constau în încălzire până la 900°C, menținere pe palier timp de 2 ore și călire bruscă în apă.

Borderou de figuri



a)

b)

Fig. 1. Glonț cu miez perforant (a) și din carbură de wolfram (b)

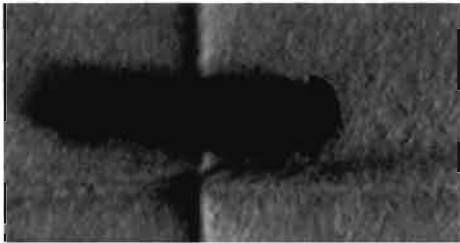


Fig. 2a). Aliaj HfMoNiTaW obținut prin topire în instalația RAV.



Fig. 2b). Aliaj HfMoNbTaW obținut prin topire în instalația RAV.



Fig. 3. Introducere în folii de aluminiu



Fig. 4. Împachetare în pastă de caolin.



Fig. 5. Introducerea probelor împachetate în creuzet metalic sub strat de nisip cuarțos.

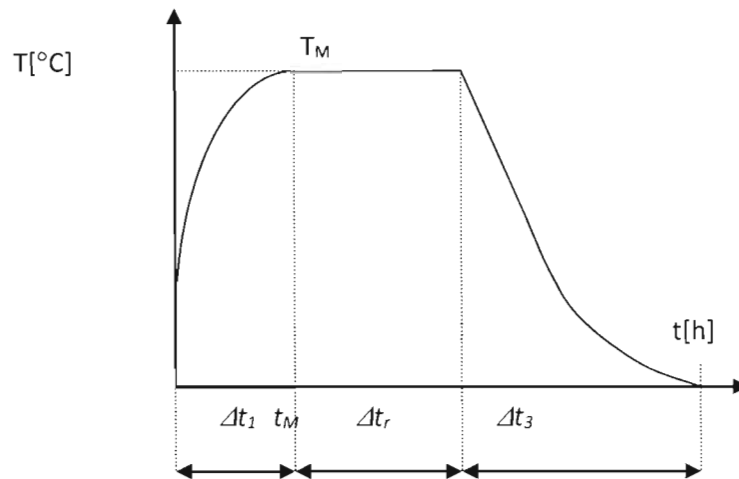


Fig. 6. Diagrama de tratament termic pentru omogenizare de consolidare pentru aliaje cu entropie ridicată multicomponente, din sistemele HfMoNiTaW și HfMoNbTaW: $T_M = 900^\circ\text{C}$; $t_M = 2$ ore; $\Delta t_1 = 1$ oră; $\Delta t_r = 2$ minute.