



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00581**

(22) Data de depozit: **30/07/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2020** BOPI nr. **6/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**29/01/2016** BOPI nr. **1/2016**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE - CA,  
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **LUNGU MAGDALENA VALENTINA,  
BD. IULIU MANIU NR. 65, BL. 7P, SC. 7,  
ET. 2, AP. 211, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **ION IOANA, STR. MUNTENIA NR. 4,  
BL. V3, SC. B, ET. 1, AP. 27, HUNEDOARA,  
HD, RO;**  
• **LUCACI MARIANA, BD.DINICU GOLESCU  
NR.39, BL.5, SC.2, ET.5, AP.54, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **TĂLPEANU DORINEL, STR. VÎLCELE  
NR. 46, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MARINESCU VIRGIL,  
CALEA CĂLĂRAȘILOR NR.94, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **TSAKIRIS VIOLETA,  
ȘOS.NICOLAE TITULESCU NR.18, BL.23,  
SC.B, ET.4, AP.66, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **CÎRSTEA CRISTIANA DIANA,  
STR. PORUMBACU NR. 1, BL. 24, SC.C,  
ET. 7, AP. 151, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **BRĂTULESCU ALEXANDRA,  
STR.BECAȚEI NR.29, BL.VN 9, SC.A, ET.5,  
AP.23, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RO 2013 00078; US 3713790**

(54) **MATERIAL TIP JONȚIUNE PLANARĂ CU GRADIENT  
FUNCȚIONAL, ȘI PROCEDEU DE OBTINERE**



# RO 130834 B1

1 Invenția se referă la un material tip joncțiune planară cu gradient funcțional, și la un  
procedeu de obținere pentru aplicații speciale la temperaturi de până la 800°C.

3 Se cunosc materiale realizate prin îmbinări de tip material carbonic (grafit) - material  
metalic, pentru aplicații speciale la temperaturi înalte în industria aerospațială, auto, energetică,  
5 nucleară etc., cum ar fi containere cu plasmă pentru reactoare de fuziune nucleară, când se  
brazează grafit pe pereții metalici ai containerului, electrod colector al unui tub de electroni sau  
7 capilare ale unui tub laser cu ioni. În aceste aplicații, piesa din grafit sintetic de densitate  
aparentă 1,4...1,78 g/cm<sup>3</sup> este brazată de un suport metalic cu rezistență mecanică mare și  
9 conductivitate termică mare, deoarece deși grafitul are anumite proprietăți superioare  
(conductivitatea termică la temperatura ambiantă de 50...150 W/m·K care scade cu creșterea  
11 temperaturii, coeficient mic de dilatare termică liniară de 0,5...5x10<sup>-6</sup> C<sup>-1</sup> care crește cu creșterea  
temperaturii și depinde de anizotropia grafitului, coeficient scăzut de emisie de electroni  
13 secundari și emisivitate ridicată), la temperatura ambiantă prezintă proprietăți mecanice  
moderate (rezistența la întindere de 2,5...30 MPa, rezistența la compresiune de 2,5...30 MPa  
15 și rezistența la rupere de 5...30 MPa), care cresc cu creșterea temperaturii, la funcționarea la  
temperaturi de maximum 2000°C.

17 În scopul obținerii de materiale tip joncțiuni planare de materiale disimilare de tip  
grafit-material metalic, sunt cunoscute următoarele procedee:

- 19 - îmbinare mecanică prin elemente de fixare, cum ar fi prin șuruburi, cuie și bolțuri;
- îmbinare prin lipire cu material adeziv nemetalic (materiale epoxidice sau acrilice) sau  
21 metalic (aliaj de lipit);
- îmbinare prin sudare, cum ar fi sudarea prin difuzie, sudarea prin frecare cu element  
23 activ rotitor etc.

25 În cazul aplicațiilor speciale, metodele de îmbinare cunoscute (mecanice sau cu adezivi  
nemetali - materiale epoxidice sau acrilice) nu sunt potrivite pentru funcționarea în condiții  
severe, fie datorită scăderii rezistenței mecanice, fisurării materialelor carbonice fragile și  
27 apariției unor tensiuni în structura materialelor de îmbinat, care trebuie să aibă o anumită  
grosime, să fie prevăzute cu găuri sau să fie găurite anterior îmbinării mecanice, fie datorită  
29 temperaturii mici, de până la 200°C, la care rezistă adezivul utilizat la îmbinările cu adeziv.

Sudarea este utilizată pentru îmbinarea materialelor metalice și a compozițiilor refractare  
31 cu temperatură de topire ridicată, cum ar fi TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, SiC, B<sub>4</sub>C, WC, amestecuri de TiB<sub>2</sub>, SiC  
și B<sub>4</sub>C etc., atunci când se asigură un control riguros al condițiilor de sudare.

33 Spre deosebire de materialele metalice, materialele carbonice nu se pretează la sudare,  
și chiar brazarea poate fi dificilă, deoarece majoritatea materialelor metalice de adaos care sunt  
35 frecvent utilizate sunt puțin sau chiar deloc umectabile cu materialele carbonice. Chiar și cu un  
material metalic de adaos adecvat, lipirea prin brazare necesită, în mod normal, un tratament  
37 special de suprafață, ceea ce conduce la timp și costuri suplimentare pentru realizarea  
joncțiunii. De aceea, în literatură sunt doar câteva studii referitoare la îmbinarea prin sudarea  
39 prin difuzie în stare solidă, în vid sau în atmosferă protectoare, a compozitelor C-C cu un strat  
de material refractar, sau a materialelor carbonice cu un material metalic (Cu, Ti, Zr sau aliajele  
41 lor etc.) cu un strat intermediar de aliaj de brazare pe bază de Cu-Mg și/sau Ti-Cu, ca, de  
exemplu, aliajul de brazare Ti-Cu-Ni cu un conținut gravimetric de 15% Cu, 25% Ni, restul %  
43 Ti, după placarea ionică a materialului carbonic cu un strat de Ti de grosime 20...30 μm, la  
temperaturi de brazare de minimum 1000°C. Când materialul carbonic este de tip grafit pirolitic,  
45 se folosește un aliaj de brazare din Cu-Cr sau Au-Cr cu un conținut gravimetric de 10...75% Cr  
sau din Ag-Cr cu 10...85% Cr, fără funcționalizarea prealabilă a suprafeței componentelor din  
47 grafit pirolitic, și temperaturi de brazare incluse în intervalul 1460...1520°C.

# RO 130834 B1

Deși prin sudarea prin difuzie în stare solidă se realizează o îmbinare relativ rezistentă, metoda prezintă următoarele dezavantaje: durate mari de timp (ore) și temperaturi ridicate (>1000°C) de tratament termic al materialelor care se îmbină sub sarcini relativ mari. Aceste condiții sunt impuse de natura reacțiilor în fază solidă, care sunt, în general, reacții lente. De asemenea, mediul solid necesită aplicarea unei sarcini mari pentru a se obține o joncțiune de calitate. În plus, un tratament termic la temperaturi ridicate de lungă durată ar putea afecta negativ proprietățile materialelor carbonice.

Toate aceste dezavantaje pot fi depășite dacă îmbinarea se realizează cu implicarea unei faze lichide. Deoarece punctele de topire ale compozițiilor refractare și ale aliajelor de brazare menționate anterior sunt foarte mari, acestea nu pot fi atinse în cuptoarele convenționale la scară mare. Cu toate acestea, astfel de temperaturi se pot obține prin folosirea unor metode de îmbinare prin combustie, cum ar fi sinteza de combustie în volum și sinteza de auto-propagare la temperatură înaltă (SHS), care se bazează pe propagarea unei reacții de combustie la temperatură înaltă, după aprinderea locală a unui amestec exotermic heterogen. În sinteza de combustie în volum, materialele care se îmbină se încălzesc uniform, într-un mod controlat, până când reacția se declanșează în tot volumul acestora, în timp ce în cazul autopropagării frontul de reacție se deplasează rapid, într-o manieră de sine stătătoare, care conduce la formarea produșilor solizi finali, fără energie suplimentară.

Diin documentul **RO 2013-00078** sunt cunoscute un produs în formă de placă tip material carbonic-oțel și un procedeu de realizare a acestuia prin lipire la cald a părții carbonice de partea de oțel, cu un material metalic adeziv pe bază de aliaj de Sn, pornind de la un semifabricat din material carbonic, respectiv, electrografit, de formă paralelipipedică, ce este acoperit electrochimic cu un strat de Cu uniform, omogen și aderent, și de la o tablă de oțel hipoeutectoid cu suprafețele curățate chimic, care se stanează termic și se îmbină la cald prin presare, obținându-se un material de tip sandviș, format din material carbonic - aliaj de lipit - oțel, cu rezistența la încovoiere de 90...110 MPa, determinată prin metoda în trei puncte, având materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers HV 0,3/15 de 12...16 și modulul lui Young de 50...60 GPa.

De asemenea, documentul **US 3713790** prezintă un corp cuprinzând: a) un membru din grafit pirolitic; b) un element metalic și c) un element de îmbinare între elementele a) și b), cuprinzând un aliaj cu o proporție totală de nu mai puțin de 90% în greutate, selectat dintr-un grup de aliaje constând din: cupru-aliaj de crom în care conținutul de crom variază de la 10 la 75 procente în greutate din aliaj, restul componentelor aliajului menționat fiind unul sau mai multe tipuri de metale, îmbinarea fiind realizată prin încălzire la o temperatură mai mare decât temperatura de topire a fiecăruia dintre metalele aliajului de îmbinare, uzual la 1460...1520°C, în atmosferă protectoare, preferabil în vid.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea unui material tip joncțiune planară cu gradient funcțional din material carbonic placat electrochimic, și îmbinat cu o tablă de oțel-inox, printr-o metodă care să permită aplicații ale acestuia la temperaturi de până la 800°C.

Materialul tip joncțiune planară, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este constituit dintr-un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel, un material metalic din oțel inox sub formă de tablă, și un material de brazare pe bază de aliaj de nichel sub formă de amestecuri mecanice de pulberi sau tablă laminată, lipirea cu ajutorul acestui material de brazare a celor două plăci fiind realizată printr-un procedeu de îmbinare prin combustie în volum, și anume, prin sinterizarea în plasmă de scânteie (SPS) a materialelor disimilare componente. Placa de oțel-inox este aleasă cu grosimea de 0,5...5 mm, compoziția chimică % gravimetrice cu maximum 0,15% C,

# RO 130834 B1

1 maximum 2,5% Si, maximum 2% Mn, maximum 0,045% P, maximum 0,045% S, maximum 26%  
2 Cr, maximum 3% Mo, maximum 22% Ni, maximum 0,5% Cu, maximum 0,11% N și restul % Fe,  
3 microduritatea HV 0,3/15 de 190...280, modulul Young de 180...220 GPa, rezistența la  
4 încovoiere de 420...800 MPa, iar îmbinarea plăcilor din oțel-inox și din electrografit placat este  
5 realizată cu un material de brazare pe bază de aliaj de nichel de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo cu  
6 compoziția chimică (procente gravimetrice) de 10...15% Cr, maximum 3% Fe, maximum 2% Cu,  
7 maximum 2% W sau Mo, restul % Ni, sub formă de amestecuri de pulberi cu masa de  
8 0,5...1,5 g sau tablă laminată cu grosimea 0,05...0,15 mm.

9 Invenția prezintă următoarele avantaje:

10 - permite realizarea unor materiale tip joncțiuni planare cu gradient funcțional, constituite  
11 dintr-un material carbonic din electrografit placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel,  
12 un material de brazare pe bază de aliaj de nichel sub formă de amestecuri mecanice de pulberi  
13 sau tablă laminată, și o tablă de oțel inox, pentru aplicații speciale la temperaturi de până la  
14 800°C;

15 - permite realizarea de joncțiuni cu caracteristici mecanice superioare, fără tensionarea  
16 și fisurarea materialelor carbonice fragile, procesate la presiuni mici de presare (4...5 MPa), la  
17 temperaturi de sinterizare de 900...1000°C, cu timp scurt de menținere pe palierul de sinterizare,  
18 de 3...5 min;

19 - este eficient prin realizarea unor consumuri energetice reduse, datorită duratei scăzute,  
20 de până la 50 min, de obținere a joncțiunilor planare;

21 - asigură reproductibilitatea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor tip joncțiuni  
22 planare, cu menținerea structurii, compoziției chimice și caracteristicilor materialelor disimulare  
23 îmbinate.

Invenția este prezentată pe larg în continuare prin trei exemple de realizare.

25 Conform invenției, materialul tip joncțiune planară cu gradient funcțional este produs din  
26 următoarele componente:

27 a) un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic cu secțiunea pătrat de  
28 latură 30...50 mm sau cerc de diametru 30...50 mm și grosimea de 2...6 mm, cu densitatea  
29 aparentă (la 20°C) de 1,55...1,75 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 10...45,  
30 modulul lui Young (la 20°C) de 4...12 GPa, rezistența la încovoiere de 14...27 MPa, care a fost  
31 placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel de grosime 20...50 μm;

32 b) un material de brazare pe bază de aliaj de nichel, de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo cu  
33 compoziția chimică (procente gravimetrice) de 10...15% Cr, maximum 3% Fe, maximum 2% Cu,  
34 maximum 2% W sau Mo, restul %Ni, sub formă de:

35 b1) amestecuri de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W sau Mo cu diametrul  
36 maxim de 90 μm, cu masa de 0,5...1,5 g, care au fost prelevate dintr-un lot de 0,5 kg de  
37 amestec final, care a fost preparat prin omogenizarea mecanică a pulberilor inițiale de Ni, Cr,  
38 Fe, Cu și W sau Mo, timp de 4 h, într-un amestecător Turbula cu bile din oțel inox de diametru  
39 5 mm, unde raportul dintre masa corpurilor de măcinat (bilele din oțel inox) și masa amestecului  
40 de pulberi este de 1:1, gradul de umplere a tobei de 80% și viteza de rotație a tobei de  
41 40 rot/min, sau

42 b2) tablă laminată de aliaj Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo obținută din amestecuri mecanice de  
43 pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W sau Mo cu diametrul maxim de 90 μm, procesate  
44 la parametrii descriși la b1), din care se prelevează o cantitate de pulberi cu masa de 20...25 g,  
45 care se sinterizează într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea un pătrat cu latura  
46 40 mm, plasată într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie (SPS), în vid de 100 hPa,  
47 la presiunea de presare de 20 MPa, temperatura de sinterizare de 1000°C, viteza de creștere  
a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 min, viteza de

# RO 130834 B1

răcire de 100°C/min, sub acțiunea a câte 12 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2 ms, pauză între impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară între impulsuri de 6 ms, după care semifabricatul de aliaj sinterizat se rectifică, se tratează termic în hidrogen într-un cuptor tubular la temperatura de 700°C, timp de 30 min, cu viteza de încălzire de 5°C/min, se laminează la temperatura came-rei cu un laminor la grosimea de 0,05...0,15 mm, din care se debitează eşantioane de tablă laminată cu secțiunea un pătrat cu latura de 30...50 mm sau cerc cu diametrul 30...50 mm;

c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea un pătrat cu latura de 30...50 mm sau cerc cu diametrul 30...50 mm și grosimea de 0,5...5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maximum 0,15% C, maximum 2,5% Si, maximum 2% Mn, maximum 0,045% P, maximum 0,045% S, maximum 26% Cr, maximum 3% Mo, maximum 22% Ni, maximum 0,5% Cu, maximum 0,11% N, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,65...7,9 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 190...280, modulul lui Young (la 20°C) de 180...220 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 420...800 MPa, care se degre-sează cu acetonă, după care materialele componente care se îmbină se introduc într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea un pătrat cu latura de 30...50 mm sau cerc cu dia-metrul 30...50 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de 10...100 hPa, la presiunea de presare de 4...5 MPa, temperatura de sinterizare de 900°C sau 1000°C, viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 3...5 min, viteza de răcire de 50°C/min, sub acțiunea a câte 1...12 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2...15 ms, pauză între impulsuri de 1...5 ms și pauză suplimentară între impulsuri de 0...6 ms, după care la final rezultă joncțiuni planare cu rezistența la încovoiere de 55...102 MPa, determinată prin metoda în trei puncte cu materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers HV 0,3/15 de 250...375 și modulul lui Young de 104...158 GPa.

Se prezintă în continuare trei exemple de realizare a invenției, în care materialele tip joncțiuni planare cu gradient funcțional, conform invenției, sunt constituite dintr-un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel, un material de brazare pe bază de aliaj de nichel sub formă de amestecuri mecanice de pulberi sau tablă laminată, și un material metalic din oțel inox sub formă de tablă, care se sinterizează în plasmă de scânteie (SPS) în vid timp de 3...5 min la temperatura de 900...1000°C, la presiunea de presare de 4...5 MPa, după care la final se obține un material tip joncțiune planară cu rezistența la încovoiere de 55...102 MPa, determinată prin metoda în trei puncte cu materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers HV 0,3/15 de 250...375 și modulul lui Young de 104...158 GPa.

## Exemplul 1

Conform invenției, pentru obținerea unui material tip joncțiune planară dintr-un material carbonic-oțel prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie (SPS) se pornește de la:

a) un material carbonic-electrografit sub formă de semifabricat cu secțiunea pătrat de latură 40 mm și grosimea de 5,5 ± 0,2 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,7 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 11...15, modulul lui Young (la 20°C) de 4...6 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 15 MPa, care au fost placcate electrochimic cu un strat de cupru de grosime 50 μm;

b) un material de brazare pe bază de aliaj de nichel, de tip Ni-Cr-Fe-Cu-Mo cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de 10% Cr, 1% Fe, 2% Cu, 2% Mo, restul % Ni, sub formă de amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și Mo cu diametrul maxim de 90 μm, cu masa de 0,8 ± 0,1 g, care au fost prelevate dintr-un lot de 0,5 kg de pulberi

# RO 130834 B1

1 de Ni-Cr-Fe-Cu-Mo omogenizate mecanic timp de 4 h într-un amestecător Turbula cu bile din  
oțel inox de diametru 5 mm, unde raportul dintre masa corpurilor de măcinat (bilele din oțel inox)  
3 și masa amestecului de pulberi este de 1:1, gradul de umplere a tobei de 80% și viteza de  
rotație a tobei de 40 rot/min;

5 c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea un pătrat cu latura  
de 40 mm și grosimea de 0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maximum  
7 0,08% C, maximum 1% Si, maximum 1% Mn, maximum 0,04% P, maximum 0,015% S,  
16...18% Cr, 0,75...1,25% Mo, maximum 0,5% Ni, maximum 0,5% Cu, restul % Fe, cu  
9 densitatea (la 20°C) de 7,7 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 266...278,  
modulul lui Young (la 20°C) de 180...192 GPa și rezistența la încovoiere (la 20°C) de 660 MPa,  
11 care se degresează cu acetonă.

13 Materialele componente care se îmbină se introduc într-o matriță de grafit de înaltă  
densitate, cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de  
10 hPa, la presiunea de presare de 4 MPa, temperatura de sinterizare de 900°C, viteza de  
15 creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 min,  
viteza de răcire de 50°C/min, sub acțiunea a câte unui impuls de curent continuu generat pe  
17 segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de  
15 ms, pauză între impulsuri de 5 ms, fără pauză suplimentară între impulsuri.

19 Materialul tip joncțiune planară obținut are rezistența la încovoiere (la 20°C) de  
55...74 MPa, determinată prin metoda în trei puncte, cu materialul carbonic în compresie, cu  
21 aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 252...300  
și modulul lui Young (la 20°C) de 104...143 GPa.

## 23 Exemplul 2

25 Conform invenției, pentru obținerea de material tip joncțiune planară dintr-un material  
carbonic-oțel prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie (SPS) se pornește de la:

27 a) un material carbonic-electrografit sub formă de semifabricate cu secțiunea un pătrat  
cu latura de 40 mm și grosimea de 5,5 ± 0,2 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,7 g/cm<sup>3</sup>,  
microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 11...15, modulul lui Young (la 20°C) de 4...6 GPa,  
29 rezistența la încovoiere (la 20°C) de 15 MPa, care au fost placate electrochimic cu un strat de  
cupru de grosime 40 μm;

31 b) un material de brazare pe bază de aliaj de nichel, de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W cu compoziția  
chimică (procente gravimetrice) de 10% Cr, 1% Fe, 2% Cu, 2% W, restul % Ni, sub formă de  
33 tablă laminată cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm și grosimea 0,1...0,15 mm, debitată  
dintr-un semifabricat sinterizat din amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe,  
35 Cu și W cu diametrul maxim de 90 μm, cu masa de 20...25 g, care au fost prelevate dintr-un lot  
de 0,5 kg de pulberi de Ni-Cr-Fe-Cu-W omogenizate mecanic timp de 4 h într-un amestecător  
37 Turbula cu bile din oțel inox de diametru 5 mm, unde raportul dintre masa corpurilor de măcinat  
(bilele din oțel inox) și masa amestecului de pulberi este de 1:1, gradul de umplere a tobei de  
39 80% și viteza de rotație a tobei de 40 rot/min, care s-a obținut prin sinterizarea amestecului  
mecanic de pulberi cu masa de 20...25 g într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea  
41 un pătrat cu latura de 40 mm, plasată într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie  
(SPS), în vid de 100 hPa, la presiunea de presare de 20 MPa, temperatura de sinterizare de  
43 1000°C, viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sin-  
terizare de 5 min, viteza de răcire de 100°C/min și 12 impulsuri de curent continuu generate pe  
45 segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de  
2 ms, pauză între impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară de 6 ms, după care semifabricatul

# RO 130834 B1

de aliaj sinterizat s-a rectificat, s-a tratat termic în hidrogen într-un cuptor tubular la temperatura de 700°C, timp de 30 min, cu viteza de încălzire de 5°C/min, și s-a laminat la temperatura camerei cu un laminor la grosimea de 0,1...0,15 mm, din care s-au debitat eşantioane de tablă laminată cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm;

c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm și grosimea de 0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maximum 0,08% C, maximum 1% Si, maximum 1% Mn, maximum 0,04% P, maximum 0,015% S, 16...18% Cr, 0,75...1,25% Mo, maximum 0,5% Ni, maximum 0,5% Cu, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,7 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 266...278, modulul lui Young (la 20°C) de 180...192 GPa și rezistența la încovoiere (la 20°C) de 660 MPa, care se degresează cu acetonă. Materialele componente care se îmbină se introduc într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de 100 hPa, la presiunea de presare de 5 MPa, temperatura de sinterizare de 900°C, viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 3 min, viteza de răcire de 50°C/min și 1 impuls de curent continuu generat pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 15 ms, pauză între impulsuri de 5 ms, fără pauză suplimentară.

Materialul tip joncțiune planară obținut are rezistența la încovoiere (la 20°C) de 78...102 MPa, determinată prin metoda în trei puncte, cu materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 320...363 și modulul lui Young (la 20°C) de 120...158 GPa.

## Exemplul 3

Conform invenției, pentru obținerea unui material tip joncțiune planară dintr-un material carbonic-oțel prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteii (SPS) se pornește de la:

a) un material carbonic-electrografit sub formă de semifabricate cu secțiunea un cerc cu diametrul de 40 mm și grosimea de 3,3 ± 0,2 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,7 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 32...39, modulul lui Young (la 20°C) de 9...11 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 19 MPa, care au fost placate electrochimic cu un strat de nichel de grosime 30 μm;

b) un material de brazare pe bază de aliaj de nichel, de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de 12% Cr, 2% Fe, 1% Cu, 2% W, restul % Ni, sub formă de amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W cu diametrul maxim de 90 μm, cu masa de 0,8 ± 0,1 g, care au fost prelevate dintr-un lot de 0,5 kg de pulberi de Ni-Cr-Fe-Cu-W omogenizate mecanic timp de 4 h într-un amestecător Turbula cu bile din oțel inox de diametru 5 mm, unde raportul dintre masa corpurilor de măcinat (bilele din oțel inox) și masa amestecului de pulberi este de 1:1, gradul de umplere a tobei de 80% și viteza de rotație a tobei de 40 rot/min;

c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea un cerc cu diametrul de 40 mm și grosimea de 3,5 ± 0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maximum 0,1% C, maximum 1,5% Si, maximum 2% Mn, maximum 0,045% P, maximum 0,015% S, 24...26% Cr, 19...22% Ni, maximum 0,11% N, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,9 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 212...230, modulul lui Young (la 20°C) de 186...200 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 550 MPa, care se degresează cu acetonă. Materialele componente care se îmbină se introduc într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea un cerc cu diametrul de 40 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de

## RO 130834 B1

1 100 hPa, la presiunea de presare de 5 MPa, temperatura de sinterizare de 1000°C, viteza de  
creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 min,  
3 viteza de răcire de 50°C/min și 12 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de  
creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2 ms, pauză între  
5 impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară de 6 ms.

Materialul tip joncțiune planară obținut are rezistența la încovoiere (la 20°C) de  
7 55...70 MPa, determinată prin metoda în trei puncte, cu materialul carbonic în compresie, cu  
aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 286...345  
9 și modulul lui Young (la 20°C) de 115...152 Gpa.



# RO 130834 B1

## Revendicări

1. Material tip joncțiune planară cu gradient funcțional, constituit dintr-o placă de material carbonic și o placă de oțel cu un material metalic de îmbinare la cald între ele, materialul carbonic fiind tip electrografit sub formă de semifabricat cu latura sau diametrul de 30...50 mm și grosimea de 2...6 mm, densitatea aparentă 1,55...1,75 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers HV0,3/15 de 10...45, modulul Young de 4...12 GPa, rezistența la încovoiere de 14...27 MPa, care a fost placat electrochimic cu un strat omogen și aderent de cupru, iar materialul tip oțel inox fiind ales sub formă de tablă de Fe cu Si și Mn pătrată sau circulară cu dimensiunea de 30...50 mm<sup>3</sup>, **caracterizat prin aceea că** stratul de cupru sau nichel al plăcii din grafit placat este de 20...50 μm grosime, placa de oțel-inox are grosimea de 0,5...5 mm, compoziția chimică (în procente de greutate) cu maximum 0,15% C, maximum 2,5% Si, maximum 2% Mn, maximum 0,045% P, maximum 0,045% S, maximum 26% Cr, maximum 3% Mo, maximum 22% Ni, maximum 0,5% Cu, maximum 0,11% N și restul Fe, microduritatea HV0,3/15 de 190...280, modulul lui Young de 180...220 GPa, rezistența la încovoiere de 420...800 MPa, iar materialul de îmbinare a plăcilor din oțel-inox și din electrografit placat este un material de brazare pe bază de aliaj de nichel de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo cu compoziția chimică (în procente gravimetrice) de 10...15% Cr, maximum 3% Fe, maximum 2% Cu, maximum 2% W sau Mo, restul % Ni, sub formă de amestecuri de pulberi cu masa de 0,5...1,5 g sau tablă laminată cu grosimea 0,05...0,15 mm, produsul final având rezistența la încovoiere de 55...102 MPa, determinată prin metoda în trei puncte cu materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microduritate Vickers HV 0,3/15 de 250...375 și modulul lui Young de 104...158 GPa.
2. Procedeu de obținere a unui material tip joncțiune planară cu gradient funcțional, realizat dintr-o placă de material carbonic și o placă de oțel care sunt îmbinate cu un material metalic de îmbinare la cald, materialul carbonic fiind tip electrografit sub formă de semifabricat cu dimensiunea de 30...50 mm și grosimea de 2...6 mm, densitatea aparentă de 1,55...1,75 g/cm<sup>3</sup>, microduritatea Vickers HV 0,3/15 de 10...45, modulul Young de 4...12 GPa, rezistența la încovoiere de 14...27 MPa, care este placat electrochimic cu un strat omogen și aderent de cupru sau nichel, iar materialul tip oțel inox fiind ales sub formă de tablă de Fe cu Si și Mn pătrată sau circulară, cu latura sau diametrul de 30...50 mm, **caracterizat prin aceea că** stratul de cupru sau nichel al plăcii din grafit este realizat cu o grosime de 20...50 μm, placa de oțel-inox este aleasă cu grosimea de 0,5...5 mm, compoziția chimică (în procente de greutate) cu maximum 0,15% C, maximum 2,5% Si, maximum 2% Mn, maximum 0,045% P, maximum 0,045% S, maximum 26% Cr, maximum 3% Mo, maximum 22% Ni, maximum 0,5% Cu, maximum 0,11% N și restul Fe, microduritatea HV 0,3/15 de 190...280, modulul lui Young de 180...220 GPa, rezistența la încovoiere de 420...800 MPa, iar îmbinarea plăcilor din oțel-inox și din electrografit placat este realizată cu un material de brazare pe bază de aliaj de nichel de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de 10...15% Cr, maximum 3% Fe, maximum 2% Cu, maximum 2% W sau Mo, restul % Ni, sub formă de amestecuri de pulberi cu masa de 0,5...1,5 g sau tablă laminată cu grosimea 0,05...0,15 mm, prin sintetizarea în plasmă de scânteie (SPS), prin introducerea materialelor de îmbinat într-o matriță de grafit de înaltă densitate cu secțiunea pătrată sau circulară cu dimensiunea de 30...50 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de 10...100 hPa, la o presiune de 4...5 MPa, o temperatură de sinterizare de 900...1000 °C, o viteză de creștere a temperaturii de 100 °C/min, cu timp de menținere pe palierul de sinterizare de 3...5 min și răcire ulterioară cu viteza de 50 °C/min, sub acțiunea a câte 1...12 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere cu menținerea temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2...15 ms, pauză între impulsuri de 1...5 ms și pauză suplimentară între impulsuri de 0...6 ms.

# RO 130834 B1

1           3. Procedeu de obținere a unui material tip joncțiune planară, conform revendicării 2,  
2 **caracterizat prin aceea că** materialul de brazare din Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo este obținut sub formă  
3 de amestec mecanic de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W/Mo cu diametrul maxim  
4 de 90 μm, în loturi de câte 0,5 kg, prin omogenizare mecanică timp de 4 h într-un amestecător  
5 Turbula cu bile din oțel inox de diametru 5 mm, cu un raport dintre masa corpurilor de măcinat  
6 tip bile din oțel-inox și masa amestecului de pulberi de 1:1, gradul de umplere a tobei de 80%  
7 și viteza de rotație a tobei de 40 rot/min.

8           4. Procedeu de obținere a unui material tip joncțiune planară, conform revendicării 2 sau  
9 3, **caracterizat prin aceea că** aliajul din material de brazare este obținut prin sinterizarea în  
10 plasmă de scânteie (SPS) a amestecului de pulberi introdus într-o cantitate de 20...25 g într-o  
11 matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea un pătrat cu latura de 40 mm, plasată într-o  
12 instalație SPS, în vid de 100 hPa, la presiunea de presare de 20 MPa, temperatura de  
13 sinterizare de 1000°C, viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe  
14 palierul de sinterizare de 5 min, viteza de răcire de 100°C/min, sub acțiunea a câte 12 impulsuri  
15 de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de  
16 sinterizare, cu durata unui impuls de 2 ms, pauză între impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară  
17 între impulsuri de 6 ms, după care semifabricatul de aliaj sinterizat se rectifică, se tratează  
18 termic în hidrogen într-un cuptor tubular la temperatura de 700°C, timp de 30 min, cu viteza de  
19 încălzire de 5°C/min și apoi se laminează la temperatura camerei cu un laminor la grosimea de  
0,05...0,15 mm.



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 261/2020