



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00581

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

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

(71) Solicitant:
• 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 29, BL.VN 9, SC.A, ET.5,
AP.23, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(54) JONȚIUNI PLANARE CU GRADIENT FUNCȚIONAL ȘI PROCÉDEU DE OBTINERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la joncțiuni planare de tip material carbonic - oțel cu gradient funcțional și la un procedeu de obținere a acestora, joncțiunile fiind utilizate la îmbinările speciale, realizate la temperaturi de până la 800°C, din industria aerospațială, auto, energetică și nucleară. Joncțiunile conform invenției sunt constituite dintr-o matriță realizată dintr-un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic cu secțiunea un pătrat sau un cerc cu latura, respectiv, diametrul, cuprins între 30 și 50 mm și grosimea de 2...6 mm, care a fost placat electrochimic cu un strat de Cu sau Ni și un material de brazare pe bază de aliaj de Ni cu următoarea compoziție chimică, exprimată în procente gravimetrice: 10...15% Cr, maximum 3% Fe, maximum 2% Cu, maximum 2% W sau Mo și restul Ni sub formă de amestecuri mecanice de pulberi cu masa de 0,5...1,5 g sau tablă laminată și un material metalic din oțel inox

sub formă de tablă. Procedeu conform invenției constă în sinterizarea în plasmă de scânteie SPS în vid a materialelor componente care se îmbină, acestea introducându-se într-o matriță din grafit de înaltă densitate, în vid de 10...100 hPa, la presiunea de presare de 4...5 MPa, la o temperatură de sinterizare cuprinsă între 900 și 1000°C, având viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, sub acțiunea a câte 1...12 impulsuri de curent continuu cu durata de 2...15 ms/impuls, cu pauza dintre impulsuri de 1...5 ms și pauză suplimentară între impulsuri de 0...6 ms, rezultând la final joncțiuni planare cu rezistența la încovoiere cuprinsă între 55 și 102 MPa, cu microduritatea Vickers a aliajului metalic din zona de îmbinare HV 0,3/15 = 250...375 kgf/mm² și modulul lui Young = 104...158 GPa.

Revendicări: 4

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).



JONȚIUNI PLANARE CU GRADIENT FUNCȚIONAL ȘI PROCEDEU DE OBTINERE

Invenția se referă la joncțiuni planare cu gradient funcțional și procedeu de obținere pentru aplicații speciale la temperaturi de până la 800°C.

Joncțiunile planare, 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.

Se cunosc îmbinări de tip material carbonic (grafit) - material metalic pentru aplicații speciale la temperaturi înalte în industria aerospațială, auto, energetică, 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 capilare ale unui tub laser cu ioni [1, 2]. În aceste aplicații, piesa din grafit sintetic de densitate aparentă 1,4-1,78 g/cm³ este brazată de un suport metalic cu rezistență mecanică mare și conductivitate termică mare, deoarece deși grafitul are anumite proprietăți superioare (conductivitatea termică la temperatura ambiantă de 50-150 W/mK care scade cu creșterea temperaturii, coeficient mic de dilatare termică liniară de 0,5-5x10⁻⁶ C⁻¹ care crește cu creșterea temperaturii și depinde de anizotropia grafitului, coeficient scăzut de emisie de electroni 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 și rezistența la rupere de 5-30 MPa), care cresc cu creșterea temperaturii, la funcționarea la temperaturi de maxim 2000°C [3, 4].

În scopul obținerii de joncțiuni planare de materiale disimilare de tip grafit-material metalic sunt cunoscute următoarele procedee [5-10]:

- 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 metalic (aliaj de lipit);
- îmbinare prin sudare, cum ar fi sudarea prin difuzie, sudarea prin frecare cu element activ rotitor, etc.

În cazul aplicațiilor speciale, metodele de îmbinare cunoscute (mecanice sau cu adezivi nemetalici - materiale epoxidice sau acrilice) nu sunt potrivite pentru funcționarea în condiții severe fie datorită scăderii rezistenței mecanice, fisurării materialelor carbonice fragile și 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 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 cu temperatură de topire ridicată, cum ar fi TiB₂, ZrB₂, SiC, B₄C, WC, amestecuri de TiB₂, SiC și B₄C, etc. în condițiile în care se asigură un control riguros al condițiilor de sudare.

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 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 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 prin difuzie în stare solidă, în vid sau în atmosferă protectoare, a compozitelor C-C cu un strat de material refractar [11, 12] sau a materialelor carbonice cu un material metalic (Cu, Ti, Zr sau aliajele 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 % Ti, după placarea ionică a materialului carbonic cu un strat de Ti de grosime 20-30 μm, la temperaturi de brazare de minim 1000°C [2]. Când materialul carbonic este de tip grafit pirolitic, 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 grafit pirolitic și temperaturi de brazare incluse în intervalul 1460-1520°C [1].

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 ($\geq 1000^\circ\text{C}$) de tratament termic a 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 auto-propagării, frontul de reacție se deplasează rapid, într-o manieră de sine stătătoare, care conduce la formarea produșilor solizi finali, fără energie suplimentară [13-16].

Problema pe care o rezolvă invenția constă în obținerea de joncțiuni planare cu gradient funcțional, sub formă de sandwich constituit dintr-un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel, un aliaj 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 să corespundă condițiilor de funcționare pentru aplicații la temperaturi de până la 800°C , printr-un procedeu de îmbinare prin combustie în volum și anume sinterizarea în plasmă de scânteie (SPS) a materialelor disimilare componente.

Joncțiunile planare cu gradient funcțional și procedeul de obținere, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate, prin aceea că sunt constituite din:

- a) un material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm și grosimea de 2-6 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,55-1,75 g/cm³, microdunitatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 10-45 kgf/mm², modulul lui Young (la 20°C) de 4-12 GPa, rezistența la încovoire de 14-27 MPa, care a fost placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel de grosime 20-50 μm ;
- b) 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, maxim 3 % Fe, maxim 2 % Cu, maxim 2 % W sau Mo, restul % Ni, sub formă de:
 - b1) amestecuri de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W sau Mo cu diametrul maxim de 90 μm , cu masa de 0,5-1,5 g, care au fost prelevate dintr-un lot de 0,5 kg de amestec final, care a fost preparat prin omogenizarea mecanică a pulberilor inițiale de Ni, Cr, Fe, Cu și W sau Mo, timp de 4 ore 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, sau
 - b2) tablă laminată de aliaj Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo obținută din amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W sau Mo cu diametrul maxim de 90 μm , procesate la parametrii descriși la b1), din care se prelevează o cantitate de pulberi cu masa de 20-25 g care se sinterizează într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea pătrat de latura 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 1000°C , viteza de creștere a temperaturii de

100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 minute, viteza de 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 minute, cu viteza de încălzire de 5°C/min, se laminează la temperatura camerei cu un laminor la grosimea de 0,05-0,15 mm, din care se debitează eşantioane de tablă laminată cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm;

- c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm și grosimea de 0,5-5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maxim 0,15 % C, maxim 2,5 % Si, maxim 2 % Mn, maxim 0,045 % P, maxim 0,045 % S, maxim 26 % Cr, maxim 3 % Mo, maxim 22 % Ni, maxim 0,5 % Cu, maxim 0,11 % N, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,65-7,9 g/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 190-280 kgf/mm², modulul lui Young (la 20°C) de 180-220 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 420-800 MPa, care se degresează cu acetonă,

după care materialele componente care se îmbină se introduc într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 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 minute, 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 kgf/mm² și modulul lui Young de 104-158 GPa.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- permite realizarea de joncțiuni planare cu gradient funcțional, constituite dintr-un material carbonic din electrografit 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 o tablă de oțel inox, pentru aplicații speciale la temperaturi de până la 800°C;
- permite realizarea de joncțiuni cu caracteristici mecanice superioare, fără tensionarea și fisurarea materialelor carbonice fragile, procesate la presiuni mici de presare (4-5 MPa) la temperaturi de sinterizare de 900°C sau 1000°C, cu timp scurt de menținere pe palierul de sinterizare de 3-5 minute;
- este eficient prin realizarea unor consumuri energetice reduse datorită duratei scăzute, de până la 50 minute, de obținere a joncțiunilor planare;
- asigură reproductibilitatea caracteristicilor fizico-mecanice ale joncțiunilor planare cu menținerea structurii, compoziției chimice și caracteristicilor materialelor disimilare.

Se prezintă în continuare trei exemple de realizare a invenției, în care joncțiunile 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 minute la temperatura de 900°C sau 1000°C, la presiunea de presare de 4-5 MPa, după care la final se obțin 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 kgf/mm² și modulul lui Young de 104-158 GPa.

Exemplul 1

Conform invenției, pentru obținerea de joncțiuni planare de tip 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/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 11-15 kgf/mm², 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 de Ni-Cr-Fe-Cu-Mo omogenizate mecanic timp de 4 ore 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 pătrat de latură 40 mm și grosimea de 0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maxim 0,08 % C, maxim 1 % Si, maxim 1 % Mn, maxim 0,04 % P, maxim 0,015 % S, 16-18 % Cr, 0,75-1,25 % Mo, maxim 0,5 % Ni, maxim 0,5 % Cu, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,7 g/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 266-278 kgf/mm², 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 pătrat de latură 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 creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 minute, viteza de răcire de 50°C/min, sub acțiunea a câte unui 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 între impulsuri.

Joncțiunile planare obținute au rezistența la încovoiere (la 20°C) de 55-74 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 252-300 kgf/mm² și modulul lui Young (la 20°C) de 104-143 GPa.

Exemplul 2

Conform invenției, pentru obținerea de joncțiuni planare de tip material carbonic-oțel prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie (SPS) se pornește de la:

- (a) un material carbonic-electrografit sub formă de semifabricate cu secțiunea pătrat de latura 40 mm și grosimea de 5,5±0,2 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,7 g/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 11-15 kgf/mm², modulul

- lui Young (la 20°C) de 4-6 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 15 MPa, care au fost placate electrochimic cu un strat de cupru de grosime 40 μm,
- (b) un material de brazare pe baza 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 tablă laminată cu secțiunea pătrat de latură 40 mm și grosimea 0,1-0,15 mm, debitată dintr-un semifabricat sinterizat din amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, 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 ore 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, 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 pătrat de latura 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 1000°C, viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 5 minute, viteza de răcire de 100°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 impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară de 6 ms, după care semifabricatul de aliaj sinterizat s-a rectificat, s-a tratat termic în hidrogen într-un cuptor tubular la temperatura de 700°C, timp de 30 minute, 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 pătrat de latura 40 mm,
- (c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea pătrat de latura 40 mm și grosimea de 0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maxim 0,08 % C, maxim 1 % Si, maxim 1 % Mn, maxim 0,04 % P, maxim 0,015 % S, 16-18 % Cr, 0,75-1,25 % Mo, maxim 0,5 % Ni, maxim 0,5 % Cu, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,7 g/cm³, microduratea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 266-278 kgf/mm², 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 pătrat de latura 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 minute, 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.

Joncțiunile planare obținute au 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 microdurate Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 320-363 kgf/mm² și modulul lui Young (la 20°C) de 120-158 GPa.

Exemplul 3

Conform invenției, pentru obținerea de joncțiuni planare de tip material carbonic-oțel prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie (SPS) se pornește de la:

- (a) un material carbonic-electrografit sub formă de semifabricate cu secțiunea cerc de diametru 40 mm și grosimea de 3,3±0,2 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,7 g/cm³, microduratea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 32-39 kgf/mm², 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,

h

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 ore 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 cerc de diametru 40 mm și grosimea de 3,5±0,5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maxim 0,1 % C, maxim 1,5 % Si, maxim 2 % Mn, maxim 0,045 % P, maxim 0,015 % S, 24-26 % Cr, 19-22 % Ni, maxim 0,11 % N, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,9 g/cm³, microduratea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 212-230 kgf/mm², 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 cerc de diametru 40 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de 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 minute, 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 impulsuri de 1 ms și pauză suplimentară de 6 ms.

Joncțiunile planare obținute au rezistența la încovoiere (la 20°C) de 55-70 MPa, determinată prin metoda în trei puncte, cu materialul carbonic în compresie, cu aliajul metalic din zona de îmbinare de microdurate Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 286-345 kgf/mm² și modulul lui Young (la 20°C) de 115-152 GPa.

Revendicări

- 1) Joncțiuni planare cu gradient funcțional pentru aplicații la temperaturi de până la 800°C, **caracterizat prin aceea că**, sunt constituite dintr-un (a) material carbonic sub formă de semifabricat electrografitic cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm și grosimea de 2-6 mm, cu densitatea aparentă (la 20°C) de 1,55-1,75 g/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 10-45 kgf/mm², modulul lui Young (la 20°C) de 4-12 GPa, rezistența la încovoiere de 14-27 MPa, care a fost placat electrochimic cu un strat de cupru sau nichel de grosime 20-50 μm, (b) 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, maxim 3 % Fe, maxim 2 % Cu, maxim 2 % W sau Mo, restul % Ni sub formă de amestecuri de pulberi cu masa de 0,5-1,5 g sau tablă laminată cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm și grosimea 0,05-0,15 mm (c) un material metalic din oțel inox sub formă de tablă cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 30-50 mm și grosimea de 0,5-5 mm, cu compoziția chimică (procente gravimetrice) de maxim 0,15 % C, maxim 2,5 % Si, maxim 2 % Mn, maxim 0,045 % P, maxim 0,045 % S, maxim 26 % Cr, maxim 3 % Mo, maxim 22 % Ni, maxim 0,5 % Cu, maxim 0,11 % N, restul % Fe, cu densitatea (la 20°C) de 7,65-7,9 g/cm³, microduritatea Vickers (la 20°C) HV 0,3/15 de 190-280 kgf/mm², modulul lui Young (la 20°C) de 180-220 GPa, rezistența la încovoiere (la 20°C) de 420-800 MPa,
- 2) Material de brazare din Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo, sub formă de amestecuri mecanice de pulberi microcristaline de Ni, Cr, Fe, Cu și W/Mo cu diametrul maxim de 90 μm, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** amestecurile de pulberi se obțin, în loturi de câte 0,5 kg, prin omogenizare mecanică timp de 4 ore 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.
- 3) Material de brazare sub formă de tablă laminată de aliaj Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo obținută din amestecuri mecanice de pulberi, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că**, aliajul se obține prin sinterizarea în plasmă de scânteie (SPS) a amestecului de pulberi introdus într-o cantitate de 20-25 g într-o matriță de grafit de înaltă densitate, cu secțiunea pătrat de latură 40 mm, plasată într-o instalație SPS, în vid de 100 hPa, 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 minute, viteza de 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 minute, cu viteza de încălzire de 5°C/min și apoi se laminează la temperatura camerei cu un laminor la grosimea de 0,05-0,15 mm.
- 4) Procedeu de obținere joncțiuni planare cu gradient funcțional pentru aplicații la temperaturi de până la 800°C, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că**, joncțiunile se realizează prin sinterizarea în plasmă de scânteie (SPS) a materialelor componente care se îmbină, care se introduc într-o matriță de grafit de înaltă densitate cu secțiunea pătrat de latură 30-50 mm sau cerc de diametru 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 minute, 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 kgf/mm² și modulul lui Young de 104-158 GPa.