



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 01033**

(22) Data de depozit: **06/12/2017**

(41) Data publicării cererii:
28/06/2019 BOPI nr. **6/2019**

(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;**
• **ENESCU ELENA, DRUMUL TABEREI
NR.64, BL.F 4, SC.5, AP.80, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **LUCACI MARIANA, BD.DINICU GOLESCU
NR.39, BL.5, SC.2, ET.5, AP.54, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CÎRSTEĂ CRISTIANA DIANA,
STR. PORUMBACU NR. 1, BL. 24, SC.C,
ET. 7, AP. 151, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;**

• **TĂLPEANU DORINEL,
ALEEA BĂRBĂTEȘTI NR. 1, BL. 58, SC. 2,
ET. 1, AP. 26, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **MITREA SORINA ADRIANA,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 6,
BL. PM 56, SC. 1, ET. 8, AP.30, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PĂTROI DELIA, STR.VATRA DORNEI
NR.11, BL.18 B+C, SC.2, ET.1, AP.49,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **BRĂTULESCU ALEXANDRA,
STR.BECAȚEI NR.29, BL.VN 9, SC.A, ET.5,
AP.23, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MARIN MIHAI, STR.ZBOINĂ NEAGRĂ,
NR.9, BL.117, SC.1, ET.3, AP.19,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **GODEANU PETRIȘOR,
STR. MIHAIL SEBASTIAN NR. 137, BL. V79,
SC.2, AP. 42, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO**

(54) **MATERIALE COMPOZITE SINTERIZATE PE BAZĂ
DE WOLFRAM-CUPRU PENTRU REALIZAREA
DE CONTACTE ELECTRICE DE ARC, ȘI PROCEDEU
DE OBTINERE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la materiale compozite sinterizate pe bază de WCu, utilizate pentru realizarea contactelor electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârful de contact, necesare echipării unor întrerupătoare de medie și înaltă tensiune cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆ și la un procedeu de obținere a acestora. Materialele conform invenției sunt constituite dintr-un amestec de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni cu un conținut în procente gravimetrice de 70...75% W, 0...1% Ni și restul Cu, cu dimensiunea maximă a particulelor de W de 15 μm, a celor de Cu de 63 μm și de Ni de 5 μm, omogenizate mecanic timp de 16 h și densitatea aparentă a amestecurilor de pulberi compozite în stare negranulată 4,07...4,42 g/cm³. Procedeu conform invenției constă în obținerea materialelor compozite prin sinterizarea în plasmă de scânteie în vid, a amestecurilor de pulberi

microcristaline pure de W, Cu și Ni, timp de 10...30 min la temperatura de 1045...1055°C și presarea într-o matriță de grafit cu presiunea de presare de 60...70 MPa, după care se obțin semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul cuprins între 30...60 mm și înălțimea de 3...10 mm, având densitatea de 14,19...14,75 g/cm³, densitatea relativă de 96,5...99%, rugozitatea medie Ra = 0,10...0,14 μm, microduritatea Vickers HV1/15 = 279...354, modulul de elasticitate de 164...192 GPa, rezistivitatea electrică de 3,64...7,14 μΩ.cm și difuzivitatea termică la 25°C de 43...87 mm²/s, care se prelucrează mecanic la forma și dimensiunile dorite pentru obținerea contactelor electrice de arc cu formă complexă.

Revendicări: 2

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).



8

MATERIALE COMPOZITE SINTERIZATE PE BAZĂ DE WOLFRAM-CUPRU PENTRU REALIZAREA DE CONTACTE ELECTRICE DE ARC ȘI PROCEDEU DE OBTINERE

Invenția se referă la materiale compozite sinterizate pe bază de wolfram-cupru (W-Cu) și procedeu de obținere pentru realizarea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact necesare echipării unor aparate electrice de comutație, cum ar fi întreruptoarele de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆ (hexafluorură de sulf).

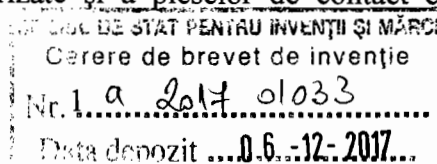
Materialele compozite sinterizate pe bază de W-Cu, conform invenției, sunt obținute din amestecuri de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, cu un conținut în % gravimetrice de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, care se omogenizează mecanic și se procesează în stare negranulată și fără adaos de liant organic sau anorganic printr-o tehnică modernă a metalurgiei pulberilor, de sinterizare în plasmă de scânteie, sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm, care se prelucrează mecanic la forma și dimensiunile dorite, pentru obținerea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Se cunoaște faptul că piesele de contact electric realizate din materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu care se utilizează în întreruptoare de medie și înaltă tensiune cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆ trebuie să prezinte microstructură omogenă, densitate mare, duritate mare, conductivitate electrică și termică ridicată, rezistență mare la eroziunea arcului electric, rezistență mare la șoc termic și mecanic, rezistența de contact mică și rezistență mare la sudură în serviciu, deoarece sunt supuse la uzură atât în timpul funcționării normale, cât și la ruperea curenților de scurt-circuit. În plus, uzura contactelor electrice și mediul de comutație afectează adesea performanța și durata de viață a întreruptoarelor de medie și înaltă tensiune [1], [2].

Proprietățile funcționale (rezistența la eroziunea arcului electric, rezistența la șoc termic și mecanic, rezistența de contact și rezistența la sudură în serviciu) ale contactelor electrice pe bază de W-Cu sunt influențate de microstructură și de proprietățile fizice, electrice, termice și mecanice ale acestora. Aceste proprietăți sunt influențate de conținutul de W, Cu și a elementelor de adaos, puritatea, dimensiunea și forma particulelor, precum și de metodele de obținere a amestecurilor de pulberi din W, Cu și elemente de adaos și de tehnicile de prelucrare a acestora în piese de contact electric la forma și dimensiunile dorite. Elementele de adaos se aleg de regulă din gama metalelor de tranziție (Ni, Fe, Co, Zn, Ag, etc.) și au rol de agenți de umectare între particulele de W și particulele de Cu în timpul procesului de sinterizare. Concentrația gravimetrică maximă a elementelor de adaos în materialele compozite pe bază de W-Cu este de regulă 1 %, dar poate fi extinsă la 3 % [3-9].

Materialele compozite din W-Cu sunt alcătuite din compuși eterogeni, și anume un element refractar din wolfram (W) și un element moale, maleabil și ductil din cupru (Cu). W prezintă densitate mare, duritate mare, punct de topire ridicat, rezistență la temperaturi înalte, coeficient scăzut de dilatare termică și rezistență la eroziunea arcului electric, în timp ce Cu prezintă conductivitate electrică și termică ridicată. Elementele de adaos ajută la scăderea energiei de activare a sinterizării, permițând utilizarea unor temperaturi de sinterizare mai mici a materialelor compozite pe bază de W-Cu, comparativ cu cele care nu conțin elemente de adaos. De asemenea, elementele de adaos contribuie la îmbunătățirea proprietăților mecanice (durității), dar înrăutățesc conductivitatea electrică și termică [9], [10].

Piesele de contact electric sunt fabricate în diverse dimensiuni și forme geometrice simple sau complexe, în funcție de tipul aparatelor electrice de comutație pe care le echipează. Metodele de fabricare a amestecurilor de pulberi compozite și a materialelor sinterizate din W-Cu pentru obținerea contactelor electrice variază semnificativ între producători, conducând la proprietăți diferite ale materialelor sinterizate și a pieselor de contact electric realizate din acestea [1].



Ușengiu

Amestecurile de pulberi compozite din W-Cu nedopate sau dopate cu unul sau mai multe elemente de adaos se pot produce prin diferite metode, dintre care metodele comune sunt amestecarea mecanică, alierea mecanică și măcinarea în mori cu energie înaltă a pulberilor elementare în condiții uscate sau umede.

Se cunoaște faptul că materialele compozite pe bază de W-Cu se fabrică prin tehnici ale metalurgiei pulberilor, deoarece W și Cu nu au solubilitate reciprocă pe întreaga gamă de compoziții sau solubilitatea este foarte scăzută (uzual $<10^{-3}$ % atomice), iar umectarea particulelor de W de către Cu este redusă chiar și pentru compozitele care conțin cantități mari de Cu [11].

Tehnicile uzuale cunoscute, care permit obținerea pe scară largă a materialelor de contact sinterizate pe bază de W-Cu includ [4-11]:

- sinterizarea în fază solidă a compactelor presate, la temperaturi de sinterizare mai mici decât temperatura de topire a Cu;

- sinterizarea cu fază lichidă a compactelor presate, la temperaturi de sinterizare mai mari decât temperatura de topire a Cu;

- sinterizarea în fază solidă a compactelor presate (schelete poroase pe bază de W) și infiltrarea prin forță capilară a porilor scheletelor cu o anumită cantitate de Cu, aflat în stare topită, care acționează ca un agent de umplere a porilor.

Alte tehnici neconvenționale cunoscute, folosite în special în cadrul cercetărilor industriale și dezvoltărilor experimentale de modele funcționale sau prototipuri pe scară mică includ sinterizarea cu microunde, sinterizarea cu laser, sinterizarea la presiune ultra înaltă, extrudarea la cald și extrudarea hidrostatică la cald [12], [13].

Procedeele clasice de sinterizare în fază solidă sau lichidă presupun presarea uniaxială sau bidirecțională la presiuni mari de presare a amestecurilor de pulberi compozite pe bază de W-Cu care pot conține unul sau mai multe elemente de adaos pentru activarea sinterizării, cuprinse în intervalul 100-800 MPa, urmată de sinterizarea compactelor presate în atmosferă controlată sau vid, la temperaturi mari de sinterizare, de 800-1500°C, cu viteze mici de încălzire și de răcire de 3-15°C/min, durate mari de sinterizare, de 2-10 ore, și o eventuală represare, la presiuni de 2-4 ori mai mari decât presiunea inițială de presare, care pot duce la neomogenitatea microstructurii și influența negativ performanțele tehnice ale materialelor compozite sinterizate, datorită apariției gradientilor de temperatură, care pot conduce la creșteri semnificative ale dimensiunilor particulelor materialelor compozite sinterizate.

Procedeele de sinterizare în fază solidă permite realizarea de materialele compozite sinterizate pe bază de W-Cu într-o gamă largă de compoziții chimice, în orice proporție de W și de Cu, dar un dezavantaj major îl constituie faptul că prin acest procedeu nu se pot obține compozite cu densități relative mai mari decât 92 % în cazul în care nu se folosesc agenți de activare a sinterizării, sau decât 97 %, funcție de cantitatea și tipul agenților de activare a sinterizării.

Procedeele de sinterizare cu fază lichidă permite realizarea de materialele compozite sinterizate pe bază de W-Cu cu un conținut redus de Cu, deoarece conținutul de Cu lichid se poate alege de regulă doar în intervalul 5-15 % volumetrică, sistemul W-Cu fiind considerat non-interactiv din punctul de vedere al solubilității reciproce dintre W și Cu. În plus, dimensiunea particulelor, sinterizarea în fază solidă a scheletelor de W și cantitatea de Cu lichid sunt principalii factori care influențează densificarea compozitelor. Dezavantajul procedeei constă în faptul că se poate produce o deformare a compozitelor sinterizate în cazul existenței unei cantități mari de Cu lichid în scheletele de W.

Procedeele de sinterizare activate și infiltrării este utilizat de regulă pentru obținerea de materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu pentru compoziții cu 50-85 % W. Dezavantajul acestui procedeu constă în faptul că tratamentele termice de sinterizare, respectiv de infiltrare au loc la temperaturi înalte, de peste 950°C, respectiv de minim 1150°C, cu durate mari de menținere pe palierul de tratament termic, care deși îmbunătățesc densificarea materialelor sinterizate pot duce la scurgerea Cu din scheletele de W și la segregarea Cu, astfel încât pot să rezulte microstructuri neomogene, care duc la scăderea proprietăților materialelor.

Se cunoaște procedeul sinterizării cu microunde a unor materiale compozite pe bază de W-Cu cu un conținut de 15-18 % Cu și cu diametrul de 13-27,5 mm și înălțimea de 3-8 mm, care după presarea uniaxială a pulberilor compozite cu 200-600 MPa, se sinterizează cu microunde la temperaturi de 1000-1400°C, cu viteze mari de încălzire, astfel încât durata de procesare poate fi de maxim 3 h [12], [13]. Dezavantajul metodei constă în faptul că pentru materiale compozite de dimensiuni mari se pot obține microstructuri neuniforme, datorită gradientilor de temperatură, care pot limita vitezele de încălzire. De asemenea, frecvența și puterea sursei de microunde, precum și proprietățile materialelor compozite sunt factori decisivi în selectarea parametrilor de procesare.

Se cunoaște procedeul extrudării la cald pentru obținerea de materiale de contact pe bază de W-Cu cu 60-90 % W, pornind de la amestecuri de pulberi pure de Cu și de W, cu dimensiuni medii ale particulelor de Cu de 50 μm și de W de 4,7 μm, omogenizate mecanic timp de 30 h, care se presează uni-axial, la rece, în compacte cilindrice de diametru 42 mm cu presiuni de presare de 650-800 MPa, cu densitatea relativă de 71,2-78,3 %, care se sinterizează cu fază lichidă, în vid, la 1150°C timp de 1 h, apoi se extrudează la cald, la 950°C, cu raportul de extrudare de 10,56, iar la final barele extrudate au diametrul de 12,9 mm și se tratează termic în aer la 900°C, timp de 1 h. Materialele cu 30-40 % Cu prezintă cel mai bun comportament la deformare plastică severă, cu densități relative de 98,11-99,57 % și durezza Vickers de 155-212, în timp ce materialele cu 10-20 % Cu prezintă o densificare mai scăzută, cu densități relative de 94,35-96,68 % și durezza Vickers de 240-361, datorită conținutului mare de W (80-90 %) [10]. Dezavantajul procedurii constă în faptul că barele extrudate produse sunt de dimensiuni mici, care necesită operații tehnologice complexe și costuri financiare mari.

Procedeele descrise mai sus prezintă următoarele dezavantaje:

- procedeele convenționale necesită temperaturi înalte și durate mari de procesare în atmosferă controlată, care pot duce atât la microstructuri neomogene și scăderea performanțelor produselor, cât și la consumuri energetice și costuri financiare mari;
- prezintă fluxuri tehnologice laborioase, cu operații tehnologice numeroase și complexe, care implică costuri financiare mari;
- prezintă dificultăți în realizarea controlului temperaturii de sinterizare și a vitezei de încălzire și de răcire pentru piesele sinterizate de dimensiuni mari, care pot contribui la apariția gradientilor de temperatură în volumul pieselor și la creșterea dimensiunii particulelor.

Dezavantajele menționate anterior pot fi depășite, dacă materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm se realizează prin procedeul sinterizării în plasmă de scânteie, când amestecul de pulberi compozite presate și sinterizate într-o matriță de grafit conductor, se încălzește uniform, controlat și rapid în tot volumul materialului procesat, sub acțiunea unor impulsuri în curent continuu generate de o sursă de putere înaltă. Avantajele procedurii de sinterizare în plasmă de scânteie sunt susținute de durata scurtă de procesare, de circa 0,5-1,5 ore, datorită vitezelor mari de încălzire și de răcire a probelor, de 50-200°C/min, când se pot obține materiale înalt densificate la temperaturi de sinterizare mai mici decât cele utilizate în procedeele clasice. În literatura de specialitate sunt doar câteva studii referitoare la obținerea de materiale compozite sinterizate prin acest procedeu [14-16].

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea de materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu un conținut în % gravimetrice de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm, cu caracteristici fizico-mecanice îmbunătățite, printr-un procedeu de sinterizare în plasmă de scânteie, pentru realizarea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact necesare echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Materialele compozite sinterizate pe bază de W-Cu și procedeul de obținere, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate, prin aceea că sunt obținute din amestecuri de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, cu un conținut în % gravimetrice de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, cu dimensiunea maximă a particulelor de W de 15 μm, de Cu de 63 μm și de Ni de 5 μm, care se omogenizează mecanic timp de 16 h astfel încât se obține densitatea aparentă

a amestecurilor de pulberi compozite în stare negranulată de 4,07-4,42 g/cm³, după care se introduc fără adaos de liant organic sau anorganic într-o cantitate de 35-461 g într-o matriță de grafit cu diametrul interior al oalei de 30,8-60,8 mm, după căptușirea acesteia și a poansoanelor cu folie de grafit de grosime 0,4 mm, după care se așează matrița de grafit pe piese de centrare tronconice de grafit într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie, unde amestecul de pulberi compozite se procesează în vid de 10 kPa, la presiunea de presare de 60-70 MPa menținută constantă pe palierul de sinterizare, temperatura de sinterizare de 1045-1055°C, viteza de creștere a temperaturii de 75-100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 10-30 minute, viteza de răcire de 50-100°C/min, sub acțiunea a 12-24 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2-4 ms, pauză între impulsuri de 1-2 ms și pauză suplimentară de 6-12 ms, după care se îndepărtează foliile de grafit și se șlefuiesc suprafețele materialelor sinterizate, astfel încât la final rezultă semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm, densitatea de 14,19-14,75 g/cm³, densitatea relativă de 96,5-99 %, rugozitatea medie Ra de 0,10-0,14 μm, microduritatea Vickers HV1/15 de 279-354, modulul de elasticitate de 164-192 GPa, rezistivitatea electrică de 3,64-7,14 μΩ·cm, difuzivitatea termică la 25°C de 43-87 mm²/s, coeficientul mediu de frecare în ulei mineral electroizolant de 0,11-0,18 (determinat sub acțiunea unei forțe normale de 30 N, pe distanțe de alunecare de maxim 400 m, raze de alunecare de 9-18 mm, viteză liniară de 5-8 cm/s și partener static bilă de diametru 6 mm din oțel 100Cr6) și viteza specifică de uzură de maxim 6x10⁻⁶ mm³/(N·m), care se prelucrează mecanic, la forma și dimensiunile dorite, pentru obținerea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- permite realizarea de materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu din amestecuri mecanice de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, negranulate, fără utilizarea unui liant organic sau anorganic;
- permite obținerea eficientă de semifabricate cilindrice sinterizate de dimensiuni mari, cu microstructură omogenă, densitate apropiată de densitatea teoretică și proprietăți mecanice superioare materialelor obținute prin alte procedee;
- procedeu cu operații tehnologice reduse, care permite scăderea costurilor, datorită duratelor mici de procesare a materialelor;
- permite realizarea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Se prezintă în continuare două exemple de realizare a invenției.

Exemplul 1

Conform invenției, pentru obținerea de materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie se pornește de la amestecuri de pulberi microcristaline pure de W și Cu, cu un conținut în % gravimetrice de 75 % W, restul fiind % Cu, cu dimensiunea maximă a particulelor de W de 15 μm și de Cu de 63 μm, care se omogenizează mecanic timp de 16 h astfel încât se obține densitatea aparentă a amestecurilor de pulberi compozite în stare negranulată de 4,26 g/cm³, după care se introduc fără adaos de liant organic sau anorganic într-o cantitate de 190 g într-o matriță de grafit cu diametrul interior al oalei de 50,8 mm, după căptușirea acesteia și a poansoanelor cu folie de grafit de grosime 0,4 mm, după care se așează matrița de grafit pe piese de centrare tronconice de grafit într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie, unde amestecul de pulberi compozite se procesează în vid de 10 kPa, la presiunea de presare de 60 MPa menținută constantă pe palierul de sinterizare, temperatura de sinterizare de 1050°C, viteza de creștere a temperaturii de 75°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 30 minute, viteza de răcire de 75°C/min, sub acțiunea a 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 se îndepărtează foliile de grafit și se șlefuiesc suprafețele materialelor sinterizate, astfel încât la final rezultă semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 50 mm și înălțimea de 6 mm, densitatea de minim $14,52 \text{ g/cm}^3$, densitatea relativă de minim 97 %, rugozitatea medie Ra de maxim $0,14 \text{ }\mu\text{m}$, microduritatea Vickers HV1/15 de minim 279, modulul de elasticitate de minim 164 GPa, rezistivitatea electrică de maxim $3,85 \text{ }\mu\Omega\text{cm}$, difuzivitatea termică la 25°C de minim $85 \text{ mm}^2/\text{s}$, coeficientul mediu de frecare în ulei mineral electroizolant de 0,15-0,18 (determinat sub acțiunea unei forțe normale de 30 N, pe distanțe de alunecare de maxim 400 m, raze de alunecare de 9-18 mm, viteză liniară de 5-8 cm/s și partener static bilă de diametru 6 mm din oțel 100Cr6) și viteza specifică de uzură de maxim $6 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$, care se prelucrează mecanic, la forma și dimensiunile dorite, pentru obținerea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Exemplul 2

Conform invenției, pentru obținerea de materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu prin procedeul de sinterizare în plasmă de scânteie se pornește de la amestecuri de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, cu un conținut în % gravimetrice de 75 % W, restul fiind % Cu și 1 % Ni, cu dimensiunea maximă a particulelor de W de $15 \text{ }\mu\text{m}$, de Cu de $63 \text{ }\mu\text{m}$ și de Ni de $5 \text{ }\mu\text{m}$, care se omogenizează mecanic timp de 16 h astfel încât se obține densitatea aparentă a amestecurilor de pulberi compozite în stare negranulată de $4,07 \text{ g/cm}^3$, după care se introduc fără adaos de liant organic sau anorganic într-o cantitate de 115 g într-o matriță de grafit cu diametrul interior al oalei de 30,8 mm, după căptușirea acesteia și a poansoanelor cu folie de grafit de grosime 0,4 mm, după care se așează matrița de grafit pe piese de centrare tronconice de grafit într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie, unde amestecul de pulberi compozite se procesează în vid de 10 kPa, la presiunea de presare de 70 MPa menținută constantă pe palierul de sinterizare, temperatura de sinterizare de 1050°C , viteza de creștere a temperaturii de $75^\circ\text{C}/\text{min}$, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 10 minute, viteza de răcire de $50^\circ\text{C}/\text{min}$, sub acțiunea a 24 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 4 ms, pauză între impulsuri de 2 ms și pauză suplimentară de 12 ms, după care se îndepărtează foliile de grafit și se șlefuiesc suprafețele materialelor sinterizate, astfel încât la final rezultă semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 30 mm și înălțimea de 10 mm, densitatea de minim $14,45 \text{ g/cm}^3$, densitatea relativă de minim 96,5 %, rugozitatea medie Ra de maxim $0,14 \text{ }\mu\text{m}$, microduritatea Vickers HV1/15 de minim 315, modulul de elasticitate de minim 180 GPa, rezistivitatea electrică de maxim $6,25 \text{ }\mu\Omega\text{cm}$, difuzivitatea termică la 25°C de minim $49 \text{ mm}^2/\text{s}$, coeficientul mediu de frecare în ulei mineral electroizolant de 0,13-0,18 (determinat sub acțiunea unei forțe normale de 30 N, pe distanțe de alunecare de maxim 400 m, raze de alunecare de 9-18 mm, viteză liniară de 5-8 cm/s și partener static bilă de diametru 6 mm din oțel 100Cr6) și viteza specifică de uzură de maxim $2 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$, care se prelucrează mecanic, la forma și dimensiunile dorite, pentru obținerea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip vârful de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.

Bibliografie

- [1] ASTM B702-93(2015), Standard specification for copper-tungsten electrical contact material, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.
- [2] S. Stangherlin, B. Passaro, Arcing contact assembly for medium and/or high voltage circuit breakers, EP Patent Application, No. EP 1113475 A1, 04.07.2001.
- [3] N. Akiyoshi, K. Nakada, K. Koda, H. Yamabe, M. Nakayama, Copper-tungsten alloys and their manufacturing methods, US Patent No. US 5889220, Mar. 30, 1999.
- [4] P. Chen, Q. Shen, G. Luo, M. Li, L. Zhang, The mechanical properties of W-Cu composite by activated sintering, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 36, 2013, pp. 220-224.
- [5] S. Borji, M. Ahangarkani, K. Zangeneh-Madar, Z. Valefi, The effect of sintering activator on the erosion behavior of infiltrated W-10wt% Cu composite, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 66, 2017, pp. 150-157.
- [6] E.V. Khomenko, N.I. Grechanyuk, V.Z. Zatovsky, Modern composite materials for switching and welding equipment. Information 1. Powdered composite materials, The Paton Welding Journal, Vol. 10, 2015, pp. 36-42.
- [7] H. Ibrahim, A. Aziz, A. Rahmat, Enhanced liquid-phase sintering of W-Cu composites by liquid infiltration, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 43, 2014, pp. 222-226.
- [8] M.H. Maneshian, A. Simchi, Solid state and liquid phase sintering of mechanically activated W-20 wt.% Cu powder mixture, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 463, 2008, pp. 153-159.
- [9] A. Ghaderi Hamidi, H. Arabi, S. Rastegari, Tungsten-copper composite production by activated sintering and infiltration, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, vol. 29, 2011, pp. 538-541.
- [10] Y. Yu, W. Zhang, H. Yu, Effect of Cu content and heat treatment on the properties and microstructure of W-Cu composites produced by hot extrusion with steel cup, Advanced Powder Technology, Vol. 26, 2015, pp. 1047-1052.
- [11] R.M. German, P. Suri, S.J. Park, Review: liquid phase sintering, Journal of Materials Science, Vol. 44, No. 1, 2009, pp. 1-39.
- [12] A. Mondal, A. Upadhyaya, D. Agrawal, Comparative study of densification and microstructural development in W-18Cu composites using microwave and conventional heating, Materials Research Innovations, Vol. 14, 2010, pp. 355-360.
- [13] Y. Zhou, Q.X. Sun, R. Liu, X.P. Wang, C.S. Liu, Q.F. Fang, Microstructure and properties of fine grained W-15 wt.% Cu composite sintered by microwave from the sol-gel prepared powders, Journal of Alloys and Compounds, 547, 2013, pp. 18-22.
- [14] A. Elsayed, W. Li, O.A. El Kady, W.M. Daoush, E.A. Olevsky, R.M. German, Experimental investigations on the synthesis of W-Cu nanocomposite through spark plasma sintering, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 639, 2015, pp. 373-380.
- [15] R. Orrù, R. Licheri, A. Locci, A. Cincotti, G. Cao, Consolidation/synthesis of materials by electric current activated/assisted sintering, Materials Science and Engineering: R: Reports, Vol. 63, 2009, pp. 127-287.
- [16] D. Pohle, W. Rossner, K. Schachtschneider, C. Schuh, Method and device for producing contact elements for electrical switching contacts, US Patent Application, No. US 20160141124 A1, May 19, 2016.

Revendicări

- 1) Materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm, cu un conținut de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, cu caracteristici fizico-mecanice îmbunătățite, pentru realizare de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆, **caracterizate prin aceea că** sunt constituite din amestecuri de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, cu un conținut în % gravimetrice de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, cu dimensiunea maximă a particulelor de W de 15 μm, de Cu de 63 μm și de Ni de 5 μm, omogenizate mecanic timp de 16 h, cu densitatea aparentă a amestecurilor de pulberi compozite în stare negranulată de 4,07-4,42 g/cm³.
- 2) Procedeu de obținere materiale compozite sinterizate pe bază de W-Cu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** materialele compozite sinterizate se realizează prin sinterizarea în plasmă de scânteie a amestecurilor de pulberi microcristaline pure de W, Cu și Ni, cu un conținut în % gravimetrice de 70-75 % W, restul fiind % Cu și 0-1 % Ni, care după ce se omogenizează mecanic timp de 16 h se introduc în stare negranulată și fără adaos de liant organic sau anorganic într-o cantitate de 35-461 g într-o matriță de grafit cu diametrul interior al oalei de 30,8-60,8 mm, după căptușirea acesteia și a poansoanelor cu folie de grafit de grosime 0,4 mm, după care se așează matrița de grafit pe piese de centrare tronconice de grafit într-o instalație de sinterizare în plasmă de scânteie, unde amestecul de pulberi compozite se procesează în vid de 10 kPa, la presiunea de presare de 60-70 MPa menținută constantă pe palierul de sinterizare, temperatura de sinterizare de 1045-1055°C, viteza de creștere a temperaturii de 75-100°C/min, timpul de menținere pe palierul de sinterizare de 10-30 minute, viteza de răcire de 50-100°C/min, sub acțiunea a 12-24 impulsuri de curent continuu generate pe segmentele de creștere și menținere a temperaturii de sinterizare, cu durata unui impuls de 2-4 ms, pauză între impulsuri de 1-2 ms și pauză suplimentară de 6-12 ms, după care se îndepărtează foliile de grafit și se șlefuiesc suprafețele materialelor sinterizate, astfel încât la final rezultă semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 30-60 mm și înălțimea de 3-10 mm, densitatea de 14,19-14,75 g/cm³, densitatea relativă de 96,5-99 %, rugozitatea medie Ra de 0,10-0,14 μm, microduritatea Vickers HV1/15 de 279-354, modulul de elasticitate de 164-192 GPa, rezistivitatea electrică de 3,64-7,14 μΩ·cm, difuzivitatea termică la 25°C de 43-87 mm²/s, coeficientul mediu de frecare în ulei mineral electroizolant de 0,11-0,18 (determinat sub acțiunea unei forțe normale de 30 N, pe distanțe de alunecare de maxim 400 m, raze de alunecare de 9-18 mm, viteză liniară de 5-8 cm/s și partener static bilă de diametru 6 mm din oțel 100Cr6) și viteza specifică de uzură de maxim 6x10⁻⁶ mm³/(N·m), care se prelucrează mecanic la forma și dimensiunile dorite pentru obținerea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF₆.