



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

- (21) Nr. cerere: **a 2018 00472**
- (22) Data de depozit: **27/06/2018**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/04/2024** BOPI nr. **4/2024**

(41) Data publicării cererii:  
**30/12/2019** BOPI nr. **12/2019**

(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;**  
• **ENESCU ELENA, DRUMUL TABEREI  
NR.64, BL.F 4, SC.5, AP.80, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **GODEANU PETRIȘOR,  
STR.MIHAIL SEBASTIAN, NR.137, BL.V79,  
SC.2, AP.42, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO;**

• **MELNIC CONSTANTIN, STR. TUTUNARI,  
NR.26, BL.76 ABC, SC. C, AP.143,  
SECTOR 5, 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;**  
• **LUCACI MARIANA, BD.DINICU GOLESCU  
NR.39, BL.5, SC.2, ET.5, AP.54, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MARIN MIHAI, STR.ZBOINA NEAGRĂ,  
NR.9, BL.117,SC.1, ET.3, AP.19, 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:  
**US 5963773 A; CN 101407882 A;  
CN 102389975 A**

(54) **MATERIAL COMPOZIT DIN W-Cu-Ni PENTRU CONTACTE  
ELECTRICE DE COMUTAȚIE DE MEDIE ȘI ÎNALTĂ  
TENSIUNE ȘI PROCEDEU DE OBTINERE A ACESTUIA**



# RO 133759 B1

1           Invenția se referă la un material compozit din wolfram-cupru-nichel (W-Cu-Ni) și la  
un procedeu de obținere a acestuia, pentru realizarea de contacte electrice de arc, cu formă  
3           complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact utilizate în aparate de comutație  
(întreruptoare) de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz  
5           SF<sub>6</sub> (hexafluorură de sulf).

7           Materialele compozite sinterizate pe bază de W-Cu pentru contacte electrice de arc  
care se utilizează în întreruptoare de medie și înaltă tensiune cu comutație în ulei mineral  
9           electroizolant sau gaz SF<sub>6</sub> trebuie să prezinte proprietăți fizico-mecanice și funcționale  
performante, deoarece sunt supuse la solicitări termice și mecanice extreme atât în timpul  
funcționării, cât și la ruperea curenților de scurt-circuit. Uzura mecanică și electrică a con-  
11          tactelor electrice afectează adesea performanța și durata de viață a aparatelor de comutație  
pe care acestea le echipează [1], [2].

13          Se cunoaște faptul că materialele compozite pe bază de W-Cu pentru contacte elec-  
trice se obțin prin tehnici ale metalurgiei pulberilor, deoarece W și Cu prezintă atât diferențe  
15          considerabile ale proprietăților fizice (temperatura de topire a W este de 3410°C, iar cea a  
cuprului de 1083°C, densitatea W la 20°C este de 19,32 g/cm<sup>3</sup>, iar cea a Cu de 8,95 g/cm<sup>3</sup>),  
17          cât și insolubilitate reciprocă sau solubilitate neglijabilă (<10<sup>-3</sup> % atomice) și udabilitate  
scăzută a particulelor de W de către Cu [3], [4]. Materialele compozite pe bază de W-Cu pot  
19          conține unul sau mai multe elemente de adaos în cantități mai mici decât 1% (uzual) sau 3%  
(câteodată) pentru activarea sinterizării, care se aleg de regulă din clasa elementelor de  
21          tranziție (Ni, Fe, Co, Zn, Ag, a.o.) și au rol de agenți de umectare a particulelor de W și de  
Cu în timpul procesului de sinterizare [5], [6].

23          Proprietățile materialelor compozite din W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de  
50-90% de W, maxim 3% Ni, restul % Cu, obținute prin tehnici ale metalurgiei pulberilor pre-  
25          zintă o sinergie a proprietăților elementelor componente (W, Cu și Ni), deoarece sinterizarea  
compactelor presate are loc la temperaturi inferioare temperaturii de topire a elementului  
27          component majoritar (W). Comparativ cu celelalte metale, wolframul are cea mai mare tem-  
peratură de topire, fiind potrivit pentru aplicații la temperaturi foarte ridicate. De asemenea,  
29          wolframul este caracterizat printr-un coeficient mic de dilatare termică, duritate ridicată și  
rezistență mare la solicitări mecanice, precum și o rezistență foarte bună la uzură, lipire sau  
31          sudare și rezistență excelentă la transferul de metale și la eroziunea arcului electric [1].  
Cuprul prezintă conductivități termice și electrice excelente (la 20°C conductivitatea termică  
33          este : 394 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>, iar cea electrică este 59,9 mΩ<sup>-1</sup>/mm<sup>2</sup>), precum și rezistență ridicată la  
eroziunea arcului electric la comutația în ulei mineral [3].

35          Materialele compozite pe bază de W-Cu au proprietăți mecanice bune și rezistență  
ridică la uzură, sudare și topire la curenți și tensiuni ridicate. Proprietățile materialelor  
37          compozite din W-Cu-Ni sunt influențate de forma și dimensiunea particulelor, precum și de  
conținutul elementelor componente. Când conținutul de wolfram crește, rezistența la uzură  
39          și la eroziune a arcului va crește, dar conductivitatea termică și electrică se va reduce  
datorită scăderii conținutului de cupru. Adaosul de nichel îmbunătățește sinterabilitatea și  
41          duritatea materialelor compozite din W-Cu, dar contribuie la scăderea conductivității termice  
și electrice. De asemenea, procedeu de obținere a pulberilor compozite și procedeu de  
43          consolidare a pulberilor pentru obținerea de semifabricate sau piese finite de contact electric  
influențează semnificativ proprietățile materialelor de contact din W-Cu-Ni.

45          Se cunoaște faptul că amestecurile de pulberi compozite din W-Cu-Ni se obțin în mod  
uzual prin omogenizarea mecanică sau alierea mecanică a pulberilor componente în mori  
47          planetare cu bile din oțel inox cu rol de corpuri de măcinare.

# RO 133759 B1

Deși aceste procedee se pot aplica pe scară largă, există riscul impurificării pulberilor compozite cu cantități mici (în general < 0,5%) de elemente constitutive ale corpurilor de măcinare.	1 3
Sunt cunoscute următoarele procedee clasice ale metalurgiei pulberilor de obținere a materialelor compozite sinterizate pe bază de W-Cu pentru realizarea de contacte electrice pe scară largă [5-9]:	5
- presarea de compacte din pulberi compozite pe bază de W-Cu, urmată de sinterizarea în fază solidă sau cu fază lichidă a compactelor presate, la temperaturi de sinterizare inferioare, respectiv superioare temperaturii de topire a cuprului și o eventuală represare a compactelor sinterizate;	7 9
- presarea de compacte (schelete) poroase pe bază de W, sinterizare și infiltrarea prin forță capilară a porilor scheletelor cu topitură de cupru, care are rol de agent de umplere a porilor.	11 13
Dintre procedeele neconvenționale cunoscute pentru realizarea de contacte electrice la nivel de cercetare aplicativă se pot aminti sinterizarea în plasmă de scânteie, sinterizarea cu microunde, sinterizarea cu laser, sinterizarea la presiune ultra înaltă, extrudarea la cald și extrudarea hidrostatică la cald [10-12].	15 17
Randamentul și prețul de producție a contactelor electrice realizate prin procedeele menționate mai sus depind de materia prima folosită, precum și de tipul și performanța instalațiilor de procesare și parametrii de proces selectați.	19
Procedeele clasice ale metalurgiei pulberilor includ o operație de presare uniaxială sau bidirecțională a amestecurilor de pulberi compozite pe bază de W-Cu la presiuni de presare de 100÷800 MPa, urmată de operația de sinterizare în fază solidă sau lichidă a compactelor presate, în atmosferă protectoare de hidrogen și azot sau vid, la temperaturi de sinterizare incluse în intervalul 800-1600°C, cu viteze de încălzire și de răcire de 1-15°C/min și durate de sinterizare de până la 10 ore. În unele cazuri se mai realizează o operație de represare la presiuni de presare de 2-4 ori mai mari decât presiunea inițială de presare. Ca rezultat, funcție de proprietățile amestecurilor de pulberi compozite, forma și dimensiunile materialelor de contact elaborate și de parametrii de proces selectați se pot obține fie materiale dense, cu densitatea relativă de până la 97% din densitatea teoretică, fie materiale mai puțin dense, cu densitatea relativă de până la 92% din densitatea teoretică și proprietăți neomogene, care vor descrește performanțele funcționale ale contactelor electrice în timpul operării în aparatele de comutație. În plus, în cazul procedurii sinterizării cu fază lichidă de cupru topit, cantitatea de cupru lichid nu poate depăși 15% volumetrică, datorită solubilității neglijabile dintre W și Cu și a faptului că o cantitate mai mare de cupru lichid poate deforma comprimatele sinterizate și afecta negativ densificarea materialelor sinterizate.	21 23 25 27 29 31 33 35
Procedeele de obținere a materialelor compozite pe bază de W-Cu prin presarea de compacte (schelete) poroase pe bază de W cu un adaos de activare a sinterizării, urmată de sinterizarea în atmosferă protectoare de hidrogen și azot sau în vid și infiltrarea porilor scheletelor cu topitură de cupru prin fenomenul de capilaritate se aplică de regulă pentru realizarea de materiale compozite pe bază de W-Cu cu un conținut în % gravimetrice de 50-85% W; 0,1÷3% agent de activare a sinterizării și restul % Cu. Compactele (scheletele) poroase pe bază de W se pot consolida anterior infiltrării cu topitură de cupru la temperaturi de sinterizare inferioare temperaturii de topire a cuprului (1083°C), cu durate de menținere pe palierul de tratament termic de 0,5÷5 h, iar infiltrarea are loc la temperaturi superioare temperaturii de topire a cuprului, cum ar fi 1150°C, 1250°C sau 1350°C, cu durate de timp de până la 2 h [13], [14].	37 39 41 43 45 47

# RO 133759 B1

1           Astfel, prin documentul **US 5963773 A**/1999 este cunoscută o metodă de fabricare  
a compozitului tungsten-cupru care cuprinde etapele de: -formare a unei pulberi sursă prin  
3 acoperirea unei suprafețe de pulbere de wolfram având o puritate de 99,9 procente în  
greutate și 2,5  $\mu\text{m}$  în dimensiune, cu nichel cu mai puțin de 0,06 procente în greutate  
5 (600 ppm); -formarea unui amestec prin amestecarea unei pulberi sursă și a unui liant  
polimeric; -efectuarea unei turnări prin injecție de pulbere în ceea ce privește amestecul; -  
7 obținerea unei structuri de schelet de wolfram prin îndepărtarea liantului polimeric din corpul  
turnat prin injecție rezultat; -fabricarea structurii scheletului de wolfram obținută pentru a avea  
9 o porozitate de 15,40% prin sinterizarea pulberii de wolfram acoperită cu structura de nichel  
la o temperatură cuprinsă între 1000...1500°C timp de 0,5 până la 5 ore; și -confeccionarea  
11 și plasarea unei plăci de cupru pe structura scheletului de tungsten și efectuarea unei  
infiltrații de cupru la o temperatură între 1150°C și 1250°C sub atmosferă de hidrogen timp  
13 de 2 ore.

Dezavantajul acestor procedee constă în faptul că duratele mari, de ordinul orelor,  
15 de menținere pe palierul de tratament termic, pot contribui la scurgerea cuprului din  
scheletele de W și la segregarea cuprului, astfel încât pot să rezulte microstructuri neomo-  
17 gene, care duc la scăderea proprietăților fizico-mecanice și funcționale ale materialelor de  
contact electric. Alt dezavantaj îl reprezintă limitarea cantității de cupru care se folosește la  
19 infiltrare, deoarece există riscul ca excesul de cupru topit și depus pe suprafața contactelor  
electrice să deformeze scheletele pe bază de wolfram, iar pentru îndepărtarea excesului de  
21 cupru de pe suprafața contactelor electrice sunt necesare operații suplimentare de prelucrări  
chimice și mecanice, fapt ce duce la creșterea costurilor de producție a contactelor electrice.

23           Prin documentul **CN 101407882 A** este cunoscută și o metodă de realizare a unui  
vibrator pentru un motor de vibrație a unui telefon mobil din aliaj de tungsten-nichel-cupru,  
25 care include etapele de: -amestecare a pulberii de wolfram: 95-97% în greutate, de nichel:  
2-3% în greutate, și de cupru: 1-2% în greutate și puritate 99,9% într-un mixer pentru a  
27 obține amestecul A; -adăugare de liant la amestecul A: 1,8-2,2 L /1 kg de amestec A; ames-  
tecare și uscarea la 65-90°C pentru a obține amestecul B; granulare într-o mașină de cer-  
29 nere pentru a obține amestecul C cu dimensiunea uniformă a particulelor; -turnarea pulberii  
de aliaj C și presare pe o presă de pulbere metalică; -sinterizare: în atmosferă de descom-  
31 punere a amoniacului, a semifabricatului, la 1150-1350°C timp de 1,8-2,2 ore, menținere la  
cald timp de 15-20 ore, apoi răcire rapidă cu apă de răcire; -post-procesarea semifabri-  
33 catului: lustruire și nichelare.

De asemenea, documentul **CN 102389975 A**/2012, prezintă o metodă de obținere  
35 a unor plăci din wolfram, prin etapele de:

- 37 - amestecare a pulberilor de W- 80%- 97%, Ni și Cu în raportul necesar;
- formarea unui corp crud prin laminare, cu o dimensiune de 500mm x 100mm x 3mm;
- sinterizare la 1450°C timp de 1-2 ore;
- 39 -laminare la rece și tăiere în plăci cu o dimensiune de aproximativ  
550mm×70mm×1,5 mm;
- 41 -degresare, uscarea, apoi stivuire; -suprapunerea unui număr de 2-10 straturi;
- pre-sinterizare la 1200°C și apoi sinterizare la 1400-1500°C, protejată cu hidrogen,  
43 timp de 1 oră pentru a obține o placă sinterizată cu o dimensiune de aproximativ  
550mm×70mm×15 mm.

45           Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea unui material  
compozit sinterizat din W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de peste 70% W, sub formă  
47 de semifabricat cilindric sinterizat, cu calități adecvate utilizării după prelucrare mecanică  
drept contact electric de descărcare cu arc electric de medie și înaltă tensiune.

# RO 133759 B1

Materialul compozit din W-Cu-Ni pentru contacte electrice de comutație la medie și înaltă tensiune conform invenției rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este realizat sub formă de compact cilindric sinterizat cu diametrul de 20-70 mm și înălțimea de 5-20 mm, cu caracteristici mecanice îmbunătățite, cu 73-77% W și maxim 2% Ni și cu suprafața netedă, densitatea de minim 14,3 g/cm<sup>3</sup>, densitatea relativă de minim 96% din densitatea teoretică, duritatea Vickers HV2/15 de minim 252, și valori ale rezistenței de contact statice și ale rezistenței de contact dinamice de maxim 0,3 mΩ la curenți de comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF<sub>6</sub>.

Procedeul conform invenției, de obținere a acestui material compozit din W-Cu-Ni, rezolvă problema tehnică menționată prin aceea că include formarea prin presare a unui compact cilindric din pulbere de Cu negranulată și a unui compact (schelet) cilindric poros din pulberi compozite de W-Ni amestecate intim și granulate, folosind ca liant parafină și ca lubrifianț eter de petrol, sinterizarea compactelor presate din W-Ni și din Cu și infiltrarea în atmosferă protectoare de hidrogen și azot a compactului din W-Ni cu topitură de Cu, fără a se produce deformarea acestuia, după care semifabricatele cilindrice sinterizate din W-Cu-Ni se prelucrează mecanic pentru realizarea de contacte electrice de arc (piese finite 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 SF<sub>6</sub>.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- procedeul permite realizarea eficientă de materiale compozite sinterizate din W-Cu-Ni, pornind de la amestecuri intime de pulberi de W-Ni granulate cu un liant (parafină) și un lubrifianț (eter de petrol), care asigură presarea uniformă a scheletelor din W-Ni;

- procedeul permite realizarea de materiale compozite sinterizate din W-Cu-Ni calitative, deoarece nu se produce deformarea scheletelor din W-Ni sinterizate în timpul infiltrării cu topitură de Cu;

- materialele compozite sinterizate din W-Cu-Ni elaborate prezintă proprietăți mecanice superioare materialelor obținute prin alte procedee clasice ale metalurgiei pulberilor;

- materialele compozite sinterizate din W-Cu-Ni elaborate nu necesită operații suplimentare de prelucrări chimice și mecanice ale suprafețelor pentru îndepărtarea excesului de cupru care rezultă prin alte procedee de sinterizare și infiltrare;

- materialele compozite sinterizate din W-Cu-Ni obținute sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate au prelucrabilitate mecanică bună care permite realizarea de contacte electrice de arc, cu formă complexă, de tip inele de protecție și vârfuri de contact funcționale destinate echipării unor întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF<sub>6</sub>;

- procedeul este fezabil producției pe scară largă a materialelor compozite sinterizate din W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de 73-77% W, restul fiind % Cu și maxim 2% Ni, sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 20-70 mm și înălțimea de 5-20 mm;

- materialele compozite sinterizate din W-Cu-Ni obținute conform invenției prezintă atât caracteristici mecanice superioare, cât și caracteristici fizico-chimice care corespund criteriilor impuse materialelor de contact electric pe bază de W-Cu în standardele în vigoare și care sunt comparabile cu cele ale materialelor de contact realizate pe plan internațional pentru aparatura electrică de medie și înaltă tensiune cu comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF<sub>6</sub>.

Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de realizare a invenției.

# RO 133759 B1

1 Conform invenției, procedeul de obținere a unui material compozit sinterizat din  
W-Cu-Ni constă în obținerea de amestecuri intime de pulberi de W și de Ni cu un conținut  
3 de 98-98,7% și restul % Ni, dintr-o pulbere pură de W cu dimensiunea maximă a particulelor  
de 20 μm și diametrul mediu Fisher de 4-4,5 μm care se amestecă cu o soluție alcoolică  
5 (etanol) 35-50% de azotat de nichel (II) hexahidrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 1-2 M, iar șlamul format  
se usucă într-o etuvă de vid la temperatura de 70-80°C timp de 4-6 h, apoi pulberea obținută  
7 se dezaglomerează, se sitează și se tratează termic la temperatura de 550-600°C timp de  
1-2 h în atmosferă reducătoare de hidrogen, după care pulberea compozită de W-Ni se  
9 granulează cu mărimi ale fracțiunilor granulometrice cuprinse între 315 μm și 800 μm folo-  
sind ca liant parafină 1,5-2% și ca lubrifiant eter de petrol în raport masic parafină: eter de  
11 petrol de 1:2...1:3, apoi pulberile de W-Ni granulate se presează cu presiune de presare de  
250-300 MPa pentru obținerea compactelor (scheletelor) cilindrice cu diametrul de 20-70 mm  
13 și înălțimea de 5-20 mm. Cantitatea de Cu necesară infiltrării se presează în aceeași matriță  
cu presiune de presare de 40-60 MPa, din pulbere de Cu negranulată, după care compactele  
15 presate din W-Ni și din Cu se sinterizează la temperatura de 950-1000°C timp de 0,5-1 h în  
atmosferă de hidrogen, apoi compactele sinterizate din W-Ni se infiltrează cu topitură de Cu  
17 la temperatura de 1150°C, în atmosferă de hidrogen și azot, într-un cuptor cu bandă  
transportoare, cu viteza benzii de 50-70 mm/min, după care se obține materialul compozit  
19 sinterizat din W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de 73-77% W, restul fiind % Cu și  
maxim 2% Ni, sub formă de semifabricat cilindric sinterizat cu diametrul de 20-70 mm și  
21 înălțimea de 5-20 mm, cu suprafața de contact curată, netedă, fără fisuri și incluziuni de  
corpuri străine, densitatea de minim 14,3 g/cm<sup>3</sup>, densitatea relativă de minim 96% din  
23 densitatea teoretică și durezza Vickers HV2/15 de minim 252, cu prelucrabilitate mecanică  
bună, după care la final rezultă din materialele produse contacte electrice de arc (piese finite  
25 cu formă complexă) de tip inele de protecție și vârfuri de contact, care la testarea funcțională  
în întreruptoare de medie și înaltă tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant sau  
27 gaz SF<sub>6</sub>, prezintă valori ale rezistenței de contact statice și ale rezistenței de contact  
dinamice de maxim 0,3 mΩ și ale timpului până la atingerea valorii rezistenței de contact  
29 statice de maxim 5 ms.

## Exemplu

31 Conform invenției, pentru obținerea de materiale compozite sinterizate pe bază de  
W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de 73-75% W, restul fiind % Cu și maxim 1,3% Ni,  
33 sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de 20-70 mm și înălțimea de  
5-20 mm, printr-un procedeu care include presarea de compacte (schelete) cilindrice  
35 poroase din pulberi compozite de W-Ni amestecate intim și granulate folosind ca liant  
parafină și ca lubrifiant eter de petrol, presarea și formarea de compacte cilindrice din  
37 pulbere de Cu negranulată, sinterizarea în atmosferă protectoare de hidrogen și azot a  
compactelor presate din W-Ni și din pulbere de Cu și infiltrarea scheletelor din W-Ni sinte-  
39 rizate cu topitură de Cu, fără a se produce deformarea acestora; se pornește de la ames-  
tecuri intime de pulberi de W și de Ni cu un conținut de 98,7% și restul % Ni, care se obțin  
41 dintr-o pulbere pură de W cu dimensiunea maximă a particulelor de 20 μm și diametrul mediu  
Fisher de 4-4,5 μm care se amestecă cu o soluție alcoolică (etanol) 50% de azotat de nichel  
43 (II) hexahidrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 1 M, iar șlamul format se usucă într-o etuvă de vid la tempe-  
ratura de 80°C timp de 6 h, apoi pulberea obținută se dezaglomerează, se sitează și se  
45 tratează termic la temperatura de 550°C timp de 2 h în atmosferă reducătoare de hidrogen,  
după care pulberea compozită de W-Ni se granulează cu mărimi ale fracțiunilor granulo-  
47 metrice cuprinse între 315 μm și 800 μm folosind ca liant parafină 2% și ca lubrifiant eter de  
petrol în raport masic parafină: eter de petrol de 1:3, apoi pulberile de W-Ni granulate se

# RO 133759 B1

presează cu presiune de presare de 300 MPa pentru obținerea compactelor (scheletelor) cilindrice cu diametrul de  $50 \pm 0,1$  mm și înălțimea de  $6 \pm 0,1$  mm și cantitatea de Cu necesară infiltrării se presează în aceeași matriță cu presiune de presare de 50 MPa, din pulbere de Cu negranulată, după care compactele presate din W-Ni și din Cu se sinterizează la temperatura de  $950^{\circ}\text{C}$  timp de 1 h în atmosferă de hidrogen, apoi compactele sinterizate din W-Ni se infiltrează cu topitură de Cu la temperatura de  $1150^{\circ}\text{C}$ , în atmosferă de hidrogen și azot, într-un cuptor cu bandă transportoare, cu viteza benzii de 60 mm/min, după care se obțin materiale compozite sinterizate din W-Cu-Ni cu un conținut în % gravimetrice de 73-75% W, restul fiind % Cu și maxim 1,3% Ni, sub formă de semifabricate cilindrice sinterizate cu diametrul de  $50 \pm 0,1$  mm și înălțimea de  $6 \pm 0,1$  mm, cu suprafața de contact curată, netedă, fără fisuri și incluziuni de corpuri străine, densitatea de minim  $14,41 \text{ g/cm}^3$ , densitatea relativă de minim 96,2% din densitatea teoretică și duritatea Vickers HV2/15 de minim 285, cu prelucrabilitate mecanică bună.

După prelucrare mecanică rezultă contacte electrice de arc (piese finite cu formă complexă) de tip inele de protecție, care la testarea funcțională în întreruptoare de medie tensiune, cu comutație în ulei mineral electroizolant prezintă valori ale rezistenței de contact statice și ale rezistenței de contact dinamice de maxim 0,18 m $\Omega$  și ale timpului până la atingerea valorii rezistenței de contact statice de maxim 4 ms.

## Bibliografie

- [1] D. Ma, J. Xie, J. Li, A. Wang, W. Wang, Contact resistance and arc erosion of tungsten-copper contacts in direct currents, *Journal of Wuhan University of Technology - Materials Science Ed.* 32 (4), 2017, pag. 816-822.
- [2]. N. Selvakumar, S.C. Vettivel, Thermal, electrical and wear behavior of sintered Cu-W nanocomposite, *Materials and Design*, Vol. 46, 2013, pag. 16-25.
- [3]. D. Chapman, Copper in electrical contacts, Copper Development Association Publication No. 223, European Copper Institute Publication No. Cu0169, Hemel Hempstead, 2015, 40 pag.
- [4], R. M. German, P. Suri, S. J. Park, Review: liquid phase sintering, *J. Mater. Sci.*, Vol. 44, No. 1, 2009, pag. 1-39.
- [5]. 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, pag. 36-42.
- [6]. S. Borji, M. Ahangarkani, K. Zangeneh-Madar, Z. Valefi, The effect of sintering activator on the erosion behavior of infiltrated W-10wt% Cu composite, *Int. J. Refract. Metals Hard Mater.*, Vol. 66, 2017, pag. 150-157.
- [7]. A. Ghaderi Hamidi, H. Arabi, S. Rastegari, Tungsten-copper composite production by activated sintering and infiltration, *Int. J. Refract. Metals Hard Mater.*, Vol. 29, 2011, pag. 538-541.
- [8]. P. Chen, Q. Shen, G. Luo, M. Li, L. Zhang, The mechanical properties of W-Cu composite by activated sintering, *Int. J. Refract. Metals Hard Mater.*, Vol. 36, 2013, pag. 220-224.
- [9]. M. H. Maneshian, A. Simchi, Solid state and liquid phase sintering of mechanically activated W-20 wt.% Cu powder mixture, *J. Alloy. Comp.*, Vol. 463, 2008, pag. 153-159. [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, *Adv. Powder Technol.*, Vol. 26, 2015, pag. 1047-1052.

# RO 133759 B1

- 1 [11]. A. Mondal, A. Upadhyaya, D. Agrawal, Comparative study of densification and  
microstructural development in W-18Cu composites using microwave and conventional  
3 heating, Mater. Res. Innov., Vol. 14, 2010, pag. 355-360.
- [12]. R. Orru, R. Licheri, A. Locci, A. Cincotti, G. Cao, Consolidation/synthesis of materials  
5 by electric current activated/assisted sintering, Mater. Sci. Eng.: R: Reports, Vol. 63, 2009,  
pag. 127-287.
- 7 [13]. M. K. Yoo, J. K. Park, K. T. Hong, J. Choi, Tungsten skeleton structure fabrication  
method employed in application of copper infiltration and tungsten-copper composite material  
9 fabrication method thereof, US Patent No. 5963773, Oct. 5, 1999.
- [14]. D. Zhu, H. Wu, Y. Y. Chang, K. Kuang, Process for making copper tungsten and copper  
11 molybdenum composite electronic packaging materials, US Patent Application Publication  
No. US 2010/0092327 A1, Apr. 15, 2010.
- 13 [15]. \*\*\* ASTM B 702-93 (2015), Standard Specification for Copper-Tungsten Electrical  
Contact Material.
- 15 [16]. SR EN 62271-100:2009/A2:2018 ver.eng. "Aparataj de înaltă tensiune. Partea 100:  
întreruptoare de putere (disjunctoare) de curent alternativ".
- 17 [17]. \*\*\* Doduco, Material for High Voltage Applications Copper-Tungsten (W/Cu)  
([http://www.doduco.net/media/43225/kupfer-wolfram\\_english\\_06-12-2016.pdf](http://www.doduco.net/media/43225/kupfer-wolfram_english_06-12-2016.pdf))
- 19 [18]. \*\*\* Plansee, Tungsten-Copper for SF<sub>6</sub> circuit breakers  
(<https://www.plansee.com/en/products/components/electrical-contacts/tungsten-copper-w-cu.html>)  
21



# RO 133759 B1

## Revendicări

1. Material compozit din W-Cu-Ni pentru contacte electrice de comutație la medie și înaltă tensiune, cu bună prelucrabilitate mecanică, cu structura sub formă de semifabricat sinterizat cu minim 70% W și cu cuprul conținut în microcavitățile unui compact poros din W-Ni cu minim 98% W, **caracterizat prin aceea că**, are 73-77% W și maxim 2% Ni și are forma de semifabricat cilindric sinterizat cu diametrul de 20÷70 mm și înălțimea de 5÷20 mm, cu suprafața netedă, densitatea de minim 14,3 g/cm<sup>3</sup>, densitatea relativă de minim 96% din densitatea teoretică, duritatea Vickers HV2/15 de minim 252, și valori ale rezistenței de contact statice și ale rezistenței de contact dinamice de maxim 0,3 mΩ la curenți de comutație în ulei mineral electroizolant sau gaz SF<sub>6</sub>.
2. Procedeu de obținere a unui material compozit din W-Cu-Ni pentru contacte electrice de comutație la medie și înaltă tensiune, realizat prin etapele de:
- formare a unei pulberi compozite de W-Ni cu minim 98% W;
  - amestecarea pulberii de W-Ni obținută cu un liant;
  - presarea pulberii compozite de W-Ni pentru formarea unui compact poros;
  - obținerea unei structuri compacte tip schelet de wolfram cu Ni și sinterizare la temperatură înaltă, de circa 1000°C, timp de 0,5-1h, precum și a unui compact din Cu și infiltrarea compactului poros din W-Ni cu topitură de Cu la o temperatură specifică topirii cuprului, în atmosferă protectoare cu hidrogen și obținerea compactului de W-Cu-Ni ca semifabricat sinterizat infiltrat cu Cu fără deformarea acestuia, **caracterizat prin aceea că**, pulberea compozită de W-Ni conține, în procente gravimetrice, 98÷98,7% W și restul % Ni și este obținută prin amestecarea unei pulberi de W pur cu dimensiunea maximă a particulelor de 20 μm și diametrul mediu Fisher de 4-4,5 μm, cu o soluție alcoolică (etanol) 35-50% de azotat de nichel (II) hexahidrat (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O) 1-2 M, în vederea creșterii sinterabilității, șlamul format fiind uscat într-o etuvă de vid la temperatura de 70-80°C timp de 4-6 h, după care pulberea obținută se dezaglomerează, se sitează și se tratează termic la temperatura de 550-600°C timp de 1-2 h în atmosferă reductoare de hidrogen, pulberea compozită de W-Ni rezultată fiind granulată cu mărimi ale fracțiunilor granulometrice de 315÷800 μm folosind ca liant parafină 1,5÷2 % și ca lubrifiant eter de petrol în raport masic parafină: eter de petrol de 1:2÷1:3; compactul de wolfram cu Ni se realizează sub formă de compact cilindric poros cu diametrul de 20÷70 mm și înălțimea de 5÷20 mm, prin presarea cu presiune de 250÷300 MPa a pulberii compozite de W-Ni amestecate intim și granulate și sinterizare la 950-1000°C; compactul din Cu este obținut prin presarea în aceeași matriță a cantității de Cu necesară infiltrării, din pulbere de Cu negranulată, cu presiunea de 40÷60 MPa și sinterizare la 950-1000°C timp de 0,5-1 h în atmosferă de hidrogen, iar infiltrarea compactului sinterizat din W-Ni cu topitură de Cu se realizează la temperatura de 1150°C, în atmosferă de hidrogen și azot, într-un cuptor cu bandă transportoare, cu viteza benzii de 50÷70 mm/min, cu o cantitate de Cu corespunzătoare producerii unui compozit sinterizat de W-Ni-Cu cu un conținut în % gravimetrice de 73÷77% W și maxim 2% Ni, cu formă de semifabricat cilindric sinterizat cu diametrul de 20÷70 mm și înălțimea de 5÷20 mm.



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 137/2024