



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00886

(22) Data de depozit: 22/11/2016

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2018 BOPI nr. 5/2018

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

(72) Inventatori:  
• TSAKIRIS VIOLETA,  
ȘOS. NICOLAE TIȚULESCU NR. 18, BL. 23,  
SC. B, ET. 4, AP. 66, SECTOR 1,  
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;  
• LUNGU MAGDALENA-VALENTINA,  
BD.IULIU MANIU NR.65, BL.7 P, SC.7, ET.2,  
AP.211, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• PATROI DELIA, STR.VATRA DORNEI  
NR.11, BL.18 B+C, SC.2, ET.1, AP.49,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• CIRSTEA 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

(54) **PROCEDEU DE OBTINERE A CONTACTELOR ELECTRICE  
PE BAZĂ DE CARBURĂ DE WOLFRAM**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a contactelor electrice utilizate în construcția aparatelor cu comutație în vid. Procedeu conform invenției constă în amestecarea mecanică a pulberilor elementare de WC (2...4 μm), Ag (<63 μm) și Co (<15 μm) cu omogenizare timp de 5...7 h într-un omogenizator automat, după care pulberile omogenizate se introduc în matrice de grafit și se sinterizează în plasmă, în vid, la o presiune de presare de 50 MPa, temperatura de sinterizare de

920...925°C, rezultând contacte electrice sub formă de piese cilindrice având un conținut de 58...60% WC, până la 2% Co și 40% Ag, un grad de densificare de 96,66...97,63%, duritate Vickers de 178,5...207,5 HV, modul de elasticitate de 153,8...206,6 GPa și conductivitate electrică de 19,5...21,75 m/Ω x mm<sup>2</sup>.

Revendicări: 1  
Figuri: 6



## PROCEDEU DE OBTINERE A CONTACTELOR ELECTRICE

### PE BAZA DE CARBURA DE WOLFRAM

Invenția se referă la un procedeu de obținere a contactelor electrice pe baza de carbura de wolfram, prin sinterizarea în plasmă a unor materiale compozite formate din amestecuri de pulberi elementale de WC, Ag și Co, pentru a fi utilizate în construcția camerelor de stingere în vid pentru contactoarele electromagnetice de joasă și medie tensiune, capabile să funcționeze la curenți nominali de 200...630A, în scopul înlocuirii contactoarelor electromagnetice cu comutație în aer.

Se cunoaște faptul că, pentru contactele electrice utilizate în construcția aparatelor cu comutație în vid (întreruptoare, contactoare) sunt necesare anumite cerințe, cum ar fi: curent tăiat redus, capacitate de conectare și deconectare marită, rezistența de eroziune de arc, tendința scăzută la sudare, conductivitate electrică și termică crescută, caracteristici care sunt dependente de aliajul și metoda de fabricație a contactelor electrice și pot fi îndeplinite numai dacă pentru materialul de contact se obține o microstructură cu o granulație fină și omogenă [1-4].

La deconectarea circuitelor inductive, la curenți mai mici de 100 A, datorită difuziei rapide a vaporilor metalici în camera de stingere, arcul electric se stinge înainte de trecerea curentului electric prin valoarea zero și conduce la apariția fenomenului de smulgere de curent și de supratensiune de comutație. Se constată experimental că la valori mai mici de 5A ale curentului tăiat, supratensiunea rezultată nu periclitează izolarea rețelei [5].

Cele mai reprezentative materiale de contact pentru contacte electrice utilizate la contactoarele cu comutație în vid, sunt cele din sistemele W-Cu (Cu=20-30%) și WC-Ag (Ag=40%), care pot fi obținute prin tehnica Metalurgiei Pulberilor (MP).

Se cunosc mai multe metode de realizare a contactelor electrice pentru comutație în vid, și anume:

- amestecare pulberi (amestecare simplă, macinare mecanică sau aliere mecanică)-presare-sinterizare-represare [6-8].
- amestecare pulberi (amestecare simplă, macinare mecanică sau aliere mecanică)-presare-sinterizare-infiltrare [7-10].
- placarea electrolitică a carburii de wolfram cu argint, prin metode chimice, pentru obținerea pulberii de WC-Ag-presare-sinterizare în faza lichidă [11]
- amestecare pulberi-aliere mecanică-presare izostatică la cald [12]

Dezavantajele legate de procedeele cunoscute de realizare a contactelor electrice, sunt evidențiate în continuare:

- metoda de obținere a contactelor electrice pentru comutație în vid, urmărindu-se etapele fluxului tehnologic: amestecare-presare-sinterizare-represare, deși este ieftină, prezintă inconvenientul că materialul de contact să aibă un grad ridicat de porozitate remanentă și incluziuni gazoase.
- utilizarea metodei de obținere a contactelor electrice pentru comutație în vid prin: amestecare-presare-sinterizare-infiltrare, asigură cele mai bune proprietăți electrice pentru materialele de contact, un grad mare de densificare (97%), însă necesită energie termică ridicată, ceea ce implică un pret de cost mai ridicat al contactelor electrice. De asemenea, prin implicarea procesului de infiltrare în procedeu de obținere a contactelor electrice, apar o serie de inconveniente, cum ar fi: dificultate în obținerea unor compoziții fixe, acestea variind între anumite limite sau posibilitatea inducerii defectelor structurale în materialul de contact, ceea ce duce la obținerea unor caracteristici diferite.

- prin procedeul de obtinere a contactelor electrice pentru aparatura de comutatie in vid, prin presarea pulberilor WC-Ag rezultate prin placarea electrolitica a carburii de wolfram cu argint prin metode chimice, urmata de sinterizarea in faza lichida, apare posibilitatea formarii unor depozite (de exemplu, pe peretii vasului), fiind astfel dificil de controlat continutul final al compozitului WC-Ag.
- procedeul de obtinere a contactelor electrice prin: amestecare pulberi-aliere mecanica-presare izostatica la cald (Hot Isostatic Press-HIP), conduce la obtinerea de contacte cu proprietati electrice ridicate, inasa avand in vedere viteza destul de redusa de incalzire a cuptoarelor destinate preselor la cald, care necesita temperaturi ridicate de sinterizare, rata de productivitate este redusa.

Un procedeu modern de fabricatie a contactelor electrice, cu performante functionale superioare, este tehnica de sinterizare in plasma SPS (Spark Plasma Sintering), care permite obtinerea oricarei compozitii, densitati apropiate de densitatea teoretica si microstructuri care pastreaza proprietatile initiale ale componentelor [13-18]. De exemplu, materialul W-15%Cu sinterizat in plasma la o temperatura de sinterizare de 1300°C, prezinta urmatoarele proprietati: densitatea relativă: 99.60%; densitatea realizata: 16,39 g/cm<sup>3</sup>; rezistentă la rupere transversală 1400,9 MPa; duritate Rockwell; 45,2 HRC si conductivitate termică: 196 W/mK [18].

Procesul de sinterizare in plasma este activat într-un câmp electric, ceea ce conduce la obținerea de materiale de contact cu grad mare de densificare. In acest caz, atât matrita, cât și materialul de sinterizat, sunt încălzite la trecerea directă a unui curent electric pulsant, care se propaga prin sistemul piston-probă-matrita, la tensiune joasă, astfel încât sunt posibile durate de ciclu foarte scurte, de ordinul câtorva minute. In timpul procesului SPS, in zonele de contact dintre particulele de pulberi apar microarcuri electrice, induse de impulsurile scurte de curent (câteva milisecunde), in condițiile in care intensitatea câmpului electric este suficient de înaltă. Prin urmare, temperatura și presiunea cresc rapid, local, în zona acestor microarcuri iar gazele adsorbite și umiditatea, sunt eliminate.

Obiectul inventiei este gasirea unui procedeu, simplu si rapid, pentru realizarea unor contacte electrice pe baza de carbura de wolfram, cu microstructuri omogene si granulatie fina, avand proprietati fizico-mecanice, electrice si functionale ridicate, astfel incat sa poata fi utilizate la contactoare cu comutatie in vid cu functionare la curenti nominali de 200...630A, in scopul inlocuirii contactoarelor electromagnetice clasice (cu comutatie in aer) de 200A.

Problema pe care o rezolva inventia consta in realizarea unor contacte electrice din sistemul WC-Ag, cu microstructuri omogene si granulatie fina si cu proprietati fizico-mecanice, electrice si functionale ridicate (valoarea curentului mediu taiat mai mica de 5 A), care pot fi utilizate pentru contactoare cu comutatie in vid, atat pentru tensiuni joase cat si pentru tensiuni medii.

Procedeul conform inventiei, rezolva aceasta problema prin aceea ca, in scopul obtinerii de contacte electrice din sistemul WC-Ag, cu un continut de 40% Ag si de Co (0 %, 0,5% si 2%) si rest WC, in procente gravimetrice, cu performante superioare din punct de vedere al proprietatilor fizico-mecanice, electrice si functionale, foloseste pulberi elementale foarte fine de WC (2 – 4 μm), Ag (<63 μm), si Co (<15 μm), pulberi care se amesteca mecanic si apoi se supun operatiei de omogenizare simpla intr-un omogenizator automat, la o viteza de rotatie a tobei de 40 rpm si o durata de omogenizare de 5...7 h, in conditiile in care, in timpul procesului de omogenizare a pulberilor, se folosesc bile din otel austenitic de diametru 5 mm iar raportul de masa bile:pulberi este de 1:1, dupa care, amestecul astfel omogenizat se introduce intr-o matrita de grafit si se sinterizeaza in plasma, in vid (600 hPa), la o presiune de presare de 50 MPa, temperaturi de 920-925°C si un palier de sinterizare de 3-5 minu, cu o viteza de incalzire de 100°C/min si viteza de racire de 100°C/min..

Procedeul conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- permite realizarea unor contacte electrice pentru comutație în vid cu microstructura fină și uniform dispersată, cu caracteristici funcționale ridicate;
- permite efectuarea concomitentă a operațiilor de presare-sinterizare prin tehnica sinterizării în plasmă;
- asigură viteza de încălzire ridicată pentru sinterizarea compactului presat și respectiv, viteza mare de răcire a comprimatului sinterizat (de ordinul sutelor de grade pe minut);
- permite temperaturi mari de sinterizare într-un timp foarte scurt;
- asigură un grad ridicat de densificare;
- este eficient prin consum mic de energie datorită procesării rapide și a încălzirii localizate;
- asigură reproductibilitatea compoziției chimice și a proprietăților fizico-mecanice și funcționale ale contactelor electrice;
- conferă siguranță în exploatare și fiabilitate;
- prin utilizarea de impulsuri scurte de curent continuu în procesul SPS, se produce o activare suplimentară a sinterizării datorită proceselor ce se desfășoară în punctele de contact ale particulelor de pulbere (încălzire prin efect Joule, formarea de plasmă, migrarea electronilor, etc.) astfel încât, se poate lucra la temperaturi și/sau presiuni de presare semnificativ mai mici decât la presarea la cald convențională, respectiv sinterizarea convențională;
- permite realizarea de contacte electrice care pot fi utilizate pentru contactoare cu comutație în vid, atât pentru tensiuni joase cât și pentru tensiuni medii;
- permite realizarea unui material compozit care să asigure reducerea curentilor de tăiere și limitarea supratensiunii de comutație;
- asigură creșterea duratei de viață a contactului electric și implicit, a ansamblului camera-contactor și a rezistenței la eroziune a materialului de contact electric.

Se da în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig.1 ...5 care reprezintă:

-fig.1 - Etapele fluxului tehnologic pentru obținerea materialelor compozite din sistemul WC-Ag, cu și fără adaos de Co, prin metoda MP care implică procesul SPS

-fig. 2.- Aspectul morfologic inițial al pulberii de WC, cu rol de matrice în materialul de contact, x 20000

-fig. 3 - Aspectul morfologic inițial al pulberii de Ag, x 5000

-fig. 4 - Aspectul morfologic inițial al pulberii de Co, x 5000

-fig. 5 - Aspectul microstructural al materialului compozit WC-40%Ag, sinterizat prin SPS la 925°C/5 min, în secțiune longitudinală și în stare neatacată

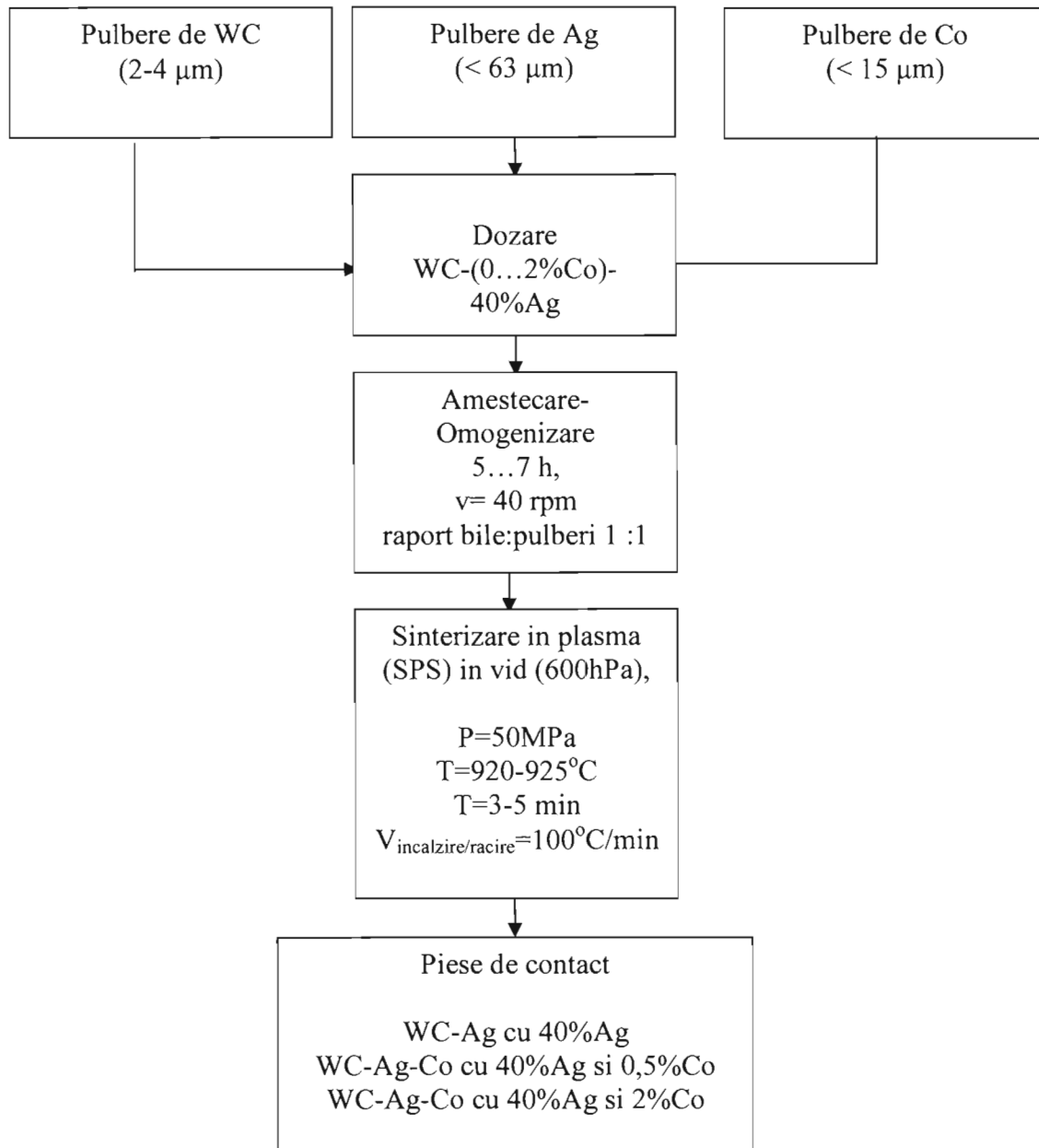
-fig. 6 - Aspectul microstructural al materialului compozit WC-40%Ag cu 2%Co, sinterizat prin SPS la la 925°C/5 min, în secțiune longitudinală și în stare neatacată

Procedeul conform invenției, de realizare a contactelor electrice pe baza de WC, conținând 58...60%WC, 0...2%Co și 40%Ag (procente gravimetrice), urmărește etapele fluxului tehnologic din Fig. 1 și folosește amestecuri mecanice foarte fine de pulberi, uniform distribuite, constând din pulberi elementale de WC, cu o dimensiune de graunte cuprinsă în intervalul (2 – 4) μm și având un conținut total de carbon de 6, 11%, densitate 15,63 g/cm<sup>3</sup>, punct de topire 2870°C, duritate 1700-2400 HV, conductivitate termică 84,02 W/Kxm la 20°C, rezistivitate electrică: ~20 μΩxcm (Fig. 2), pulberi de Ag de puritate 99,9 % și cu o dimensiune de graunte mai mică de 63 μm, densitate 10,5 g/cm<sup>3</sup>, punct de topire 961°C, duritate în stare ecruisată 80HV, conductivitate termică 419 W/Kxm la 20°C, conductivitate

electrica  $62 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ ; rezistivitatea electrica  $1,613 \mu\Omega\text{cm}$  (Fig.3) si pulberi de Co de puritate 99,9 % si cu o dimensiune de graunte mai mica de  $15\mu\text{m}$ , densitate  $8,9 \text{ g}/\text{cm}^3$ , punct de topire  $1495^\circ\text{C}$ , duritate Vickers 1043 HV, conductivitate termica  $100 \text{ W}/\text{Kxm}$  la  $20^\circ\text{C}$ , rezistivitate electrica  $6,24 \mu\Omega\text{cm}$  (Fig.4), care se supun operatiei de omogenizare simpla intr-un omogenizator automat, la o viteza de rotatie a tobei de 40 rpm si o durata de omogenizare de 5...7 h. In timpul omogenizarii amestecurilor fine din materiale de contact WC-Ag si WC-Ag-Co se folosesc bile din otel inoxidabil, de diametru 5 mm, la un raport de masa pulberi:bile de 1:1. Amestecurile de pulberi omogenizate se sinterizeaza prin tehnica SPS, in vid ( $600 \text{ hPa}$ ), la o presiune de presare de 50 MPa, la temperaturi de sinterizare de  $920 - 925^\circ\text{C}$ , la o viteza de urcare a temperaturii de  $100^\circ\text{C}/\text{min}$  si un timp de mentinere pe palierul de sinterizare de 3-5 minute, cu o viteza de răcire de  $100^\circ\text{C}/\text{min}$ , la o durata de impuls de 12 ms, durata pauză impuls de 2 ms si cu pauză suplimentară de 2 ms la 24 impulsuri, obtinandu-se contacte electrice, sub forma de piese cilindrice de diametru  $20^{+0,5} \text{ mm}$  si inaltime  $3^{+0,5}$ , cu microstructuri omogene si granulatie fina, uniform distribuita in matricea de baza (Fig. 5 si 6, cu un grad de densificare ridicat ( $96,66\text{...}97,63\%$ ), valori ridicate ale duritatii Vickers ( $178,5\text{...}207,5 \text{ HV}$ ) si modulului de elasticitate ( $153,8\text{...}206,6 \text{ GPa}$ ), valori ridicate ale conductivitatii electrice ( $19,5\text{...}21,75 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ ) si ale caracteristicilor functionale (valori foarte reduse ale curentului mediu taiat:  $0,39\text{...}0,59 \text{ A}$ ).

## Revendicare

Procedeu de obtinere a contactelor electrice pe baza de carbura de wolfram, avand compozitia cu 58...60%WC, 0...2%Co si 40%Ag (procente gravimetrice), pentru a fi folosite la contactoare cu comutatie in vid, de joasa si medie tensiune, cu functionare la curenti nominali de 200...630A, in scopul inlocuirii contactoarelor clasice, cu comutatie in aer, de 200A, care se realizeaza prin amestecarea mecanica a pulberilor componente, omogenizare simpla si sinterizare in plasma, **caracterizat prin aceea ca**, in scopul obtinerii de contacte electrice din sistemul WC-Ag, cu si fara adaos de Co, cu performante superioare din punct de vedere al proprietatilor fizico-mecanice, electrice si functionale, se folosesc pulberi elementale foarte fine de WC (2 – 4  $\mu\text{m}$ ), Ag (<63  $\mu\text{m}$ ) si Co (<15  $\mu\text{m}$ ), pulberi care se amesteca mecanic si apoi se supun operatiei de omogenizare simpla, intr-un omogenizator automat, la o viteza de rotatie a tobei de 40 rpm si o durata de omogenizare de 5...7 h, in conditiile in care, in timpul procesului de omogenizare se folosesc bile din otel inoxidabil, de diametru 5 mm, la un raport de masa pulberile de 1:1, dupa care, amestecurile astfel omogenizate, se introduc in matrite de grafit si se sinterizeaza in plasma, in vid (600 hPa), la o presiune de presare de 50 MPa, temperaturi de sinterizare de 920 - 925°C, la o viteza de urcare a temperaturii de 100°C/min si un timp de mentinere pe palierul de sinterizare de 3-5 minute, cu o viteza de răcire de 100°C/min, la o durata de impuls de 12 ms, durata pauză impuls de 2 ms si cu pauză suplimentară de 2 ms la 24 impulsuri, obtinandu-se contacte electrice, sub forma de piese cilindrice de diametru 20<sup>+0,5</sup> mm si inaltime 3<sup>+0,5</sup>, cu microstructuri omogene si granulatie fina, uniform distribuita in matricea de baza, cu un grad de densificare ridicat (96,66...97,63%), valori ridicate ale duritatii Vickers (178,5...207,5 HV) si modulului de elasticitate (153,8...206,6 GPa), valori ridicate ale conductivitatii electrice (19,5...21,75 m/ $\Omega\text{mm}^2$ ) si ale caracteristicilor functionale (valori foarte reduse ale curentului mediu taiat: 0,39...0,59 A).

**Figura 1**

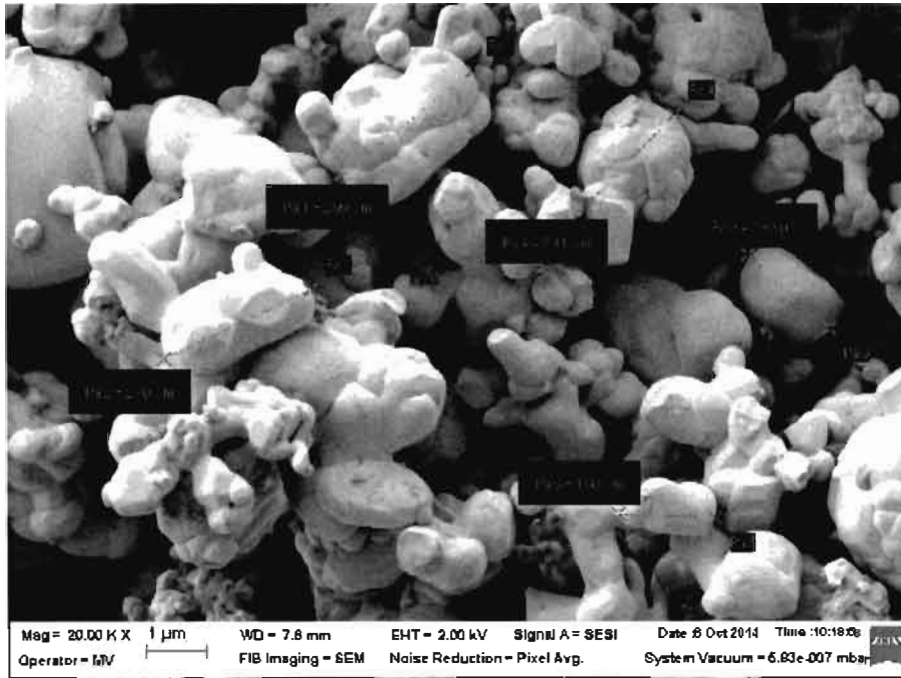


Figura 2

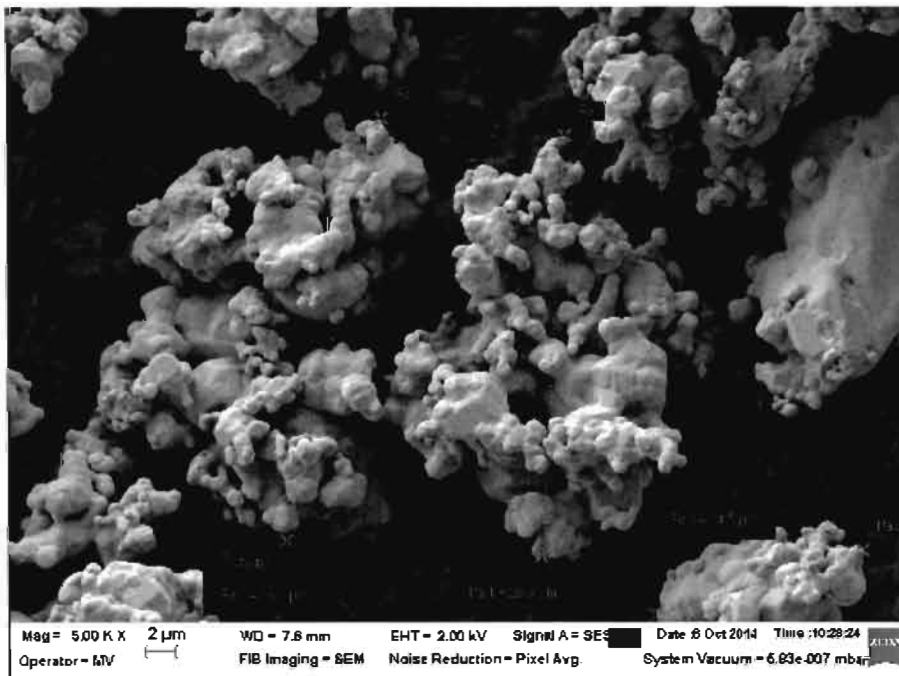


Figura 3



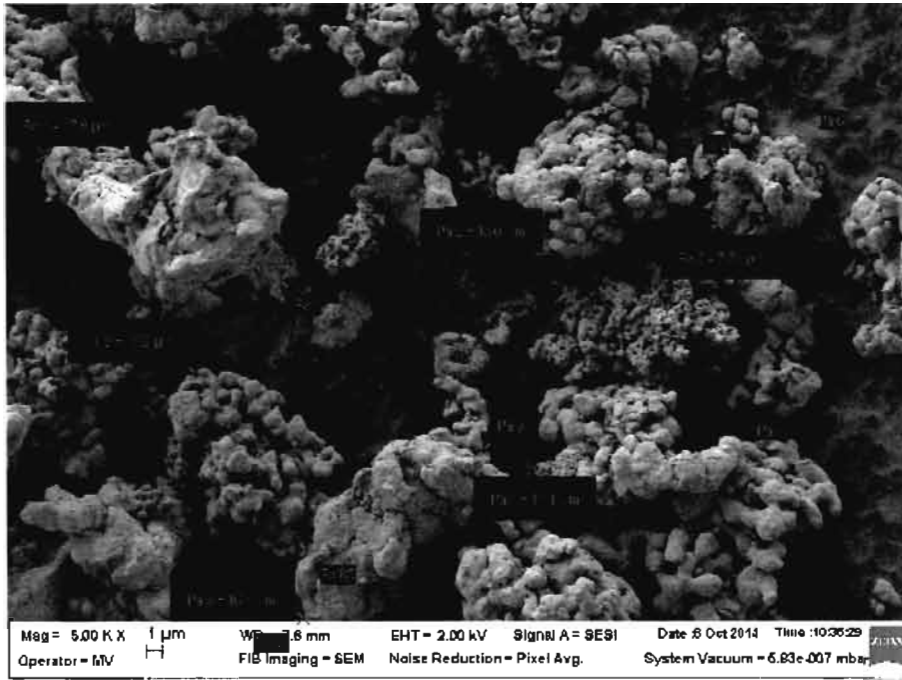


Figura 4

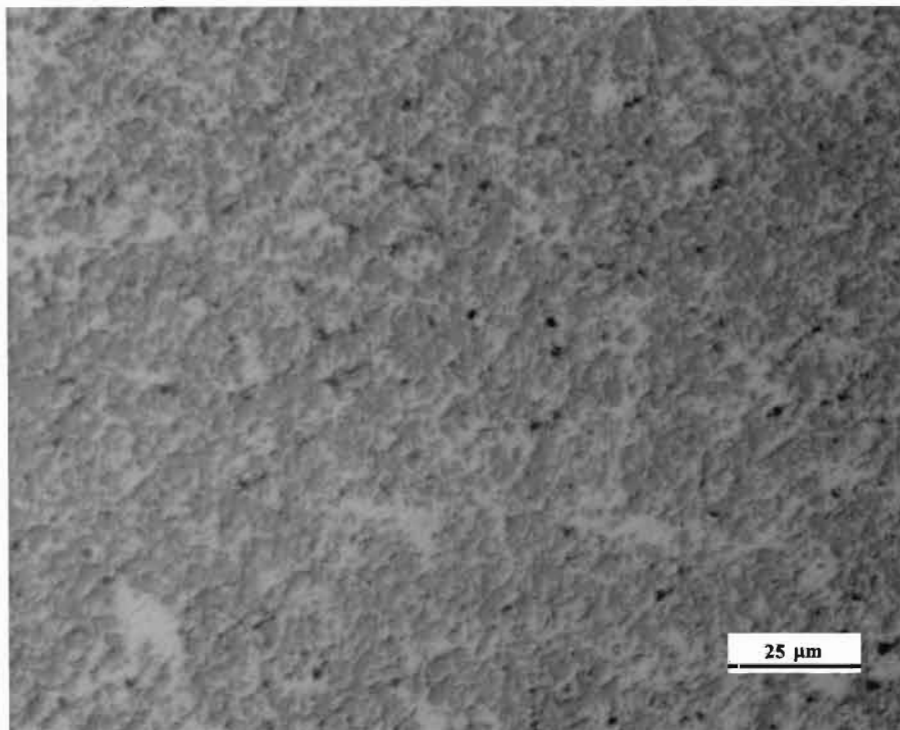
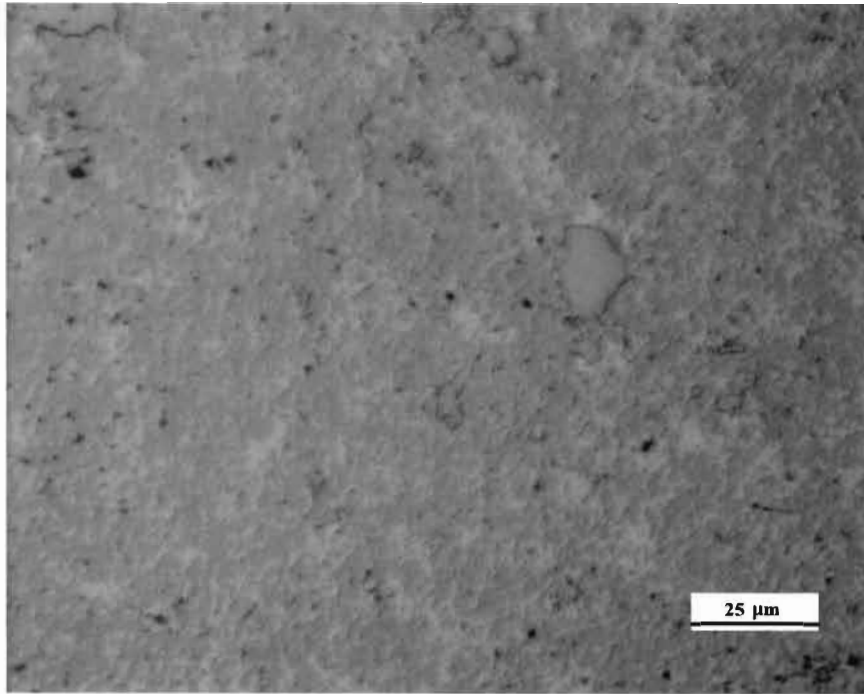


Figura 5

28



**Figura 6**