



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00682**

(22) Data de depozit: **19/09/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/03/2023** BOPI nr. **3/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2019 BOPI nr. **7/2019**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **CONSTANTINESCU DAN MIHAI,
STR. DR. POLONI VICTOR NR. 17,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **VLĂSCEANU DANIEL, STR.TEIULUI
NR.13, TITU, DB, RO;**
• **BADOI ION, BD.CAMIL RESSU NR.2,
BL.R1, AP.101, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**JPH 07150205 (A); CN 201082412 Y;
RO 130834 A1**

(54) **PROCEDEU DE FABRICARE A UNEI SCULE
PENTRU ȘTANȚAREA TABLEI SILICIOASE DIN MATERIAL
COMPOZIT CU GRADIENT FUNCȚIONAL**



RO 133487 B1

1 Inventția se referă la un procedeu pentru fabricarea unei scule pentru ștanțarea tablei
silicioase, tip matriță sau poanson, din material compozit cu gradient funcțional, prin
3 tehnologii specifice metalurgiei pulberilor.

5 Producția de piese ștanțate pentru motoarele electrice este o producție de masă și
dacă se au în vedere și piesele ștanțate pentru industria autovehicule se poate aprecia că
7 ștanțarea care presupune retezare, decupare, perforare și uneori îndoire sau răsfrângere,
este probabil unul din procedeele tehnologice cu cea mai largă aplicare. Statorul și rotorul
9 motoarelor și aparatelor electrice sunt fabricate din tole subțiri procesate prin ștanțarea tablei
de oțel aliată cu 3% siliciu.

11 Tabla silicioasă, cunoscută și sub denumirea de "tablă de oțel electrotehnică", din
care se confecționează tolele motoarelor electrice, este aliată cu siliciu pentru a reduce
13 pierderile de curent prin curenții turbionari. Alierea cu siliciu determină fragilizarea tablei, dar
determină și uzura prematură a muchiilor tăietoare ale matrițelor și poansoanelor de
decupare și perforare.

15 Tolele magnetice, respectiv- precizia formelor și a dimensiunilor, au o importanță
deosebită în construcția și performanțele motoarelor electrice. Pierderile magnetice în mașini
17 depind atât de calitatea tablei silicioase, cât și de calitatea ștantării și împachetării miezurilor
magnetice. Calitatea prelucrării creștăturilor și a suprafețelor miezurilor împachetate
19 influențează pierderile tehnologice și consumul de manoperă. Valoarea întrefierului la
mașinile asincrone (și valoarea "cos φ") este determinată în mare măsură de precizia de
21 ștantare și împachetare a miezurilor astfel că rezistența la uzură a matrițelor și poansoanelor
capătă aspecte de o importanță deosebită.

23 Preocupările în direcția eficientizării fabricației de piese ștanțate pentru motoarele
electrice vizează: obținerea de oțeluri electrotehnice slab și mediu aliate, cu pierderi mici prin
25 curenții turbionari, îmbunătățirea calității suprafeței tablei silicioase și micșorarea toleranțelor
la grosime, automatizarea și mecanizarea proceselor de ștantare, creșterea preciziei
27 dimensiunilor creștăturilor cât și a concentricității conturului tolelor prin creșterea rezistenței
la uzură a matrițelor și poansoanelor.

29 Matrițele și poansoanele pentru ștanțarea tablei silicioase sunt executate de regulă
din oțel rapid, din oțeluri înalt aliate cu crom și vanadiu pentru lucrul la rece, carburi metalice
31 sinterizate și în ultimii ani- din oțeluri P/M. Oțelurile P/M procesate din pulberi metalice dato-
rită omogenității compoziției chimice, uniformității distribuției și mărimii carburilor metalice
33 primare, sunt caracterizate prin proprietăți de rezistență la uzură superioare oțelurilor de
scule convenționale.

35 Datorită rezistenței la uzură, oțelurile procesate din pulberi de oțel de scule pentru
lucru la rece sunt utilizate tot mai insistent pentru procesarea matrițelor și poansoanelor.
37 Astfel, oțelurile rapide fabricate de Bohler Uddeholm au o rezistență la uzură deosebită
conferită de compoziția chimică, dintre care cele mai folosite sunt oțelul P/M, S290
39 Microclean, (2,0% C; 3,8% Cr; 2,5% Mo; 5,1% V; 14% W; 11% Co; 0,3% Mn; 0,5% Si) și
oțelul P/M S 390 Microclean (1,64% C; 4,8 % Cr; 2.0 Mo; 4.8% V; 10,4%W; 8.0 % Co; 0,60
41 Si; 0,30 Mn). Oțelul P/M, S 693/692 Microclean este similar mărcii de oțel PM, M4 (1,45%
C; 4,0% Cr; 5.60% W; 5.25% Mo. 4,0% V) și este a treia generație de oțeluri procesate din
43 pulberi metalice cu caracteristici excepționale de omogenitate chimică și grad de rafinare a
carburilor. Aceste oțeluri sunt procesate prin presare izostatică la cald HIP și sunt lipsite
45 practic de porozitate.

Oțelurile CPM1V (0,55% C; 4,0% Cr; 5,60% W; 5,25% Mo; 4.0 5 V), CPM 10 sau
47 CPM REX 76 (1,50% C; 8,50% Co; 3,75% Cr; 5,25 5 Mo; 3.1% V; 9,75% W) sunt similare
oțelului rapid TI5 fabricate de firma DIEHEL HITACHI, filială a firmei HITACHI în SUA. Aceste
49 oțeluri sunt folosite pentru fabricarea matrițelor, poansoanelor sau a altor componente care
sunt solicitate la uzură abrazivă intensă.

RO 133487 B1

Oțelurile P/M de scule fabricate de firma DORRENBURG sunt de asemenea o clasă de oțeluri apreciată pentru rezistența la uzură. Mărcile PMD M4 (1,35% C, 4,20% Cr, 4,50 Mo, %,80 W 4,0% V) și PMD 15, au compoziție chimică similară oțelurilor rapide M4 și T15. 1
3

Tratamentul termic de călire cu revenire al acestor oțeluri P/M asigură proprietățile de rezistență la uzură, vizează obținerea unor durități cuprinse între 60-65 HRC și este similar cu cel ale oțelurilor de scule din oțel rapid. În principiu tratamentul de durificarea a matricei presupune austenitizare la 1140-1240°C în cuptor cu vid sau atmosferă controlată, răcire în ulei sau baie de săruri la 550-600°C, urmată de trei cicluri de revenire la temperatura de 550-600°C/1h/20 mm sau cel puțin 2h. 5
7
9

Pulberile de oțel slab aliat din clasa Ancorsteel au fost special proiectate de firma HOEGANAES SUA, pentru a fi procesate prin sintermatrițare sau represare/forjare la cald. 11

Pulberile de oțel Ancorsteel 2000 și Ancorsteel 4600V sunt fabricate în România la SC Hoeganaes Corporation Europe SA Buzău și sunt utilizate pentru fabricarea prin sinterizare și forjare, matrițare, re-presare la cald a componentelor mecanice cu caracteristici mecanice ridicate și rezistență la uzură similare oțelurilor elaborate prin topire. 13
15

Tehnologiile P/M (Powder Metallurgy) au un potențial inovativ deosebit de ridicat, o confirmare în acest sens fiind materialele compozite cu matrice metalică, (Metal Matrix Composites-MMCv), Materialele cu Gradient Funcțional (Functionally Gradient Material-FGM) și Materialele Compozite cu Gradient Funcțional (Funcțional Gradient Composite Material- FGCM). Aceste grupe de materiale specifice metalurgiei pulberilor au, datorită proprietăților complexe și unice, aplicații în industria aerospațială, de apărare, de automobile, energetice, de producere a unor senzori, în optoelectronică, medicină, sport etc. 17
19
21
23

Materiale compozite cu matrice metalică ferro-titanit sunt unele dintre cele mai cunoscute materiale cu proprietăți de rezistență la uzură utilizate pentru procesarea matrițelor și poansoanelor solicitate la uzură abrazivă intensă. Matricele din pulberi de oțel ale materialelor compozite Ferro-Titanit C-Spezial (0,65% C; 3,0% Cr; 3,0 Mo) și Ferro-Titanit WFN (0,75% C, 15,5% Cr, 3,0 Mo) sunt ranforsate cu cu 33% vol. particule de carbura de titan TiC. 25
27
29

Materialele cu gradient funcțional FGM și materialele compozite cu gradient funcțional FGCM se deosebesc de oțelurile convenționale sau de materialele compozite ranforsate în întregul volum, prin variația compoziției chimice a matricei din pulberi metalice pe o direcție prestabilită. 31
33

Corespunzător schimbării graduale sau în straturi a compoziției chimice a pulberilor, se modifică și microstructura, astfel că de la proprietăți de rezistență la coroziune dispuse pe o suprafață, treptat se poate ajunge la suprafața opusă caracterizată prin proprietăți de rezistență la uzură sau scut termic. 35
37

Conceptul de materialelor cu gradient funcțional a apărut în Japonia în anul 1984, când în cadrul unui proiect aerospațial a fost realizat un material cu o grosime de 10 mm utilizat ca barieră termică pentru temperaturi mai mari de 900°C. Materialele FGM procesate prin tehnologii specifice metalurgiei pulberilor sunt materiale constituite din mai multe straturi ale căror mixuri au o evoluție graduală a fracțiilor volumice/masice a constituentilor astfel încât dispar interfețele între straturi, iar modificarea proprietăților se face gradual. 39
41
43

Tehnologiile specifice Metalurgiei Pulberilor (M/P) permit dezvoltarea mai multor tipuri de gradient: gradient de porozitate care sunt sunt generate de dimensiunile și formele diferite ale particulelor de pulbere/pulberi ce constituie matricea sau prin utilizarea unor presiuni diferite de compactare, gradient microstructurale generate de elementele sub formă de pulberi adiționate în matrice, care presupun proiectarea rețetelor mixurilor compozite, 45
47

RO 133487 B1

1 gradiențe microstructurale generate de mixul a mai multor pulberi care formează oțeluri
hibride cu microstructuri aferente proporțiilor volumice a pulberilor, gradiențe de ranforsare
3 volumică sau gradiențe generate de dimensiunile particulelor de ranforsare a matricei care
se obțin prin scăderea treptată a gradului de ranforsare cu particule de carburi 30%, 25%,
5 20%, 15% până la 0% sau scăderea treptată a dimensiunilor 45 μm, 30 μm, 25 μm până la
5/10 μm.

7 Particulele de ranforsare folosite pentru procesarea prin tehnologii specifice
metalurgiei pulberilor a materialelor compozite MMCs și a materialelor compozite cu gradient
9 funcțional FGCM sunt: carbura de wolfram WC, carbura de titan TiC, carbura de vanadiu VC,
carbura de niobiu NbC, alumina Al₂O₃.

11 Este indicat ca dimensiunile particulelor dure de ranforsare a matricei să fie de
10-15 μm deoarece dimensiunile mai mari ale carburilor sunt specifice oțelurilor rapide
13 elaborate prin topire și practic dimensiunile mai mari reduc reziliența, rezistența la îndoire dar
și rezistența la uzură, adică proprietățile prin care oțelurile rapide P/M sunt superioare
15 oțelurilor rapide elaborate prin topire.

Alegerea în general a naturii carburilor de ranforsare a materaielor MMCs și FGCM
17 destinate aplicațiilor industriale care necesită rezistență la uzură și în special în cazul
matrițelor și poansoanelor se face în funcție de duritate, modul de elasticitate, rezistență la
19 compresiune și nu în ultimul rând- de prețul de cost al particulelor dure de ranforsare care
influențează considerabil prețul final al materialului MMCs sau FGCM.

21 Duritatea carburii de titan TiC este de 3200 HV iar a carburii de wolfram WC este de
1550 HV. În schimb proprietățile de rezistență la rupere: 344 MPa, rezistență la compresiune:
23 2682 MPa și modul de elasticitate: 664 Gpa ale WC sunt mai mari decât cele ale TiC:
rezistență la rupere: 258 MPa, la compresiune: 2500 MPa și modul de elasticitate: 448 Gpa.

25 Actualmente materialele FGM sunt procesate prin mai multe metode metode dintre
care cele mai răspândite sunt:

- 27 - sinterizarea cu laser a straturilor depuse prin pulverizare;
- depunere de straturi dure subțiri 2-5 μm prin depunere fizică de vapori (Physical
29 Vapour Depositon-PVD), prin activare termică, activare în plasmă, activare cu laser;
- depunere chimică de vapori (Chemical Vapour Deposition-CVD), prin evapoare
31 termică asistată de plasmă;
- prin tehnologii specifice metalurgiei pulberilor, care presupun compactarea în
33 matriță a straturilor unor sisteme de pulberi cu schimbarea graduală a compoziției chimice
a matricelor, a elementelor adiționate ale mixului de pulberi și a gradului de ranforsare cu
35 particule dure;
- compactarea și sinterizarea straturilor matricelor umede depuse prin pulverizare cu
37 schimbări în trepte ale compoziției chimice;
- formarea centrifugală a straturilor cu gradient de ranforsare obținut datorită greutatei
39 specifice diferite a particulelor de ranforsare.

Acoperirile PVD se realizează prin bombardarea suprafeței piesei procesate cu un
41 fascicol de ioni al unui metal precursor (titan, crom etc.). Depunerea straturilor de TiN, CrN,
TiCN se face într-un cuptor cu vid în care substratul/piesa este încălzită de regulă până la
43 circa 40 G°C și uneori până la 900°C.

Principali parametri tehnologici specifici procedului PVD sunt vidul de 10⁻²-10⁻⁴ Torr,
45 temperatura de încălzire a substratului: 300-400°C și lungimea fascicolului de ioni.
Suprafața care urmează să fie acoperită este curățată, dezoxidată, degresată și lustruită iar
47 straturile depuse au o grosime medie de 2-5 μm, grosimea maximă a stratului/straturilor
inclusiv cu gradient funcțional fiind de de circa 25 μm.

RO 133487 B1

Cu toate că au cunoscut o dezvoltare deosebită, în prezent se apreciază că utilizarea în industrie a tehnologiilor bazate pe depunerile fizice (PVD) sau chimice (CVD) în fază de vapori este redusă în raport cu domeniul deosebit de larg al aplicațiilor posibile, în special datorită fisurării și exfolierii straturilor dure, uneori după un timp redus de lucru, atunci când se depășește forța critică de adeziune a stratului depus la materialul-suport, din cauza prețului de cost al echipamentelor și al mentenanței acestora, și a prețului de cost al manoperei unui personal de înaltă calificare.

Deși punerea în practică a acestor tehnologii nu este o operație deosebit de dificilă, reușita ei depinde în egală măsură de utilizarea unor echipamente tehnologice performante și scumpe, de efectuarea unor cercetări preliminare pe grupe de materiale de depunere, ca urmare a diferențelor între proprietățile fizico-chimice ale substratului și ale straturilor depuse, de pregătirea suprafețelor suportului cât și de asigurarea și controlul condițiilor de lucru corespunzătoare.

Prin documentul **JPH 07150205 (A)/1995**, este cunoscut și un procedeu de realizare a unui material cu gradient funcțional adecvat pentru îmbinarea materialelor diferite ca proprietăți termice sau mecanice între ele sau pentru a conferi funcții ameliorate suprafeței materialelor, prin amestecarea a două sau mai multor tipuri de pulbere a materiilor prime capabile să se sinterizeze, în principal- pulberi metalice și ceramice, în particular- de oțel amestecat cu particule de alumina sau carbură de siliciu, în raport diferit între ele și grosime de strat specifică, astfel încât să formeze 3-5 straturi cu compoziția componentelor modificată continuu și adăugarea unui solvent conținând un liant, formele lamelare crude cu o grosime de 2-3 mm fiind presate la cald și sinterizate și fiind laminate astfel încât să schimbe continuu raportul dintre materiile prime sinterizate, obținându-se astfel un film cu gradient funcțional și rezistență mărită.

De asemenea, documentul **CN 201082412 Y/2008**, prezintă un procedeu de obținere a unei role de sită rulantă compozită cu rezistență ridicată la uzură pe bază de oțel carbon, iar suprafața substratului este acoperită cu două sau mai multe straturi compozite de duritate ridicată și rezistente la coroziune, constând dintr-un strat de tranziție și un strat de lucru, cu duritatea crescând treptat, stratul de tranziție și stratul de lucru fiind combinate cu suprafața substratului de oțel carbon prin lipire metalurgică și constând din pulbere de aliaj de nichel-crom-bor-siliciu cu cca 30% Ni, în altă variantă un strat de bază fiind prevăzut suplimentar între substratul din oțel carbon și stratul de acoperire compozit, stratul de bază fiind realizat din nichel acoperit cu aluminiu sau aluminiu acoperit cu nichel și fiind fabricat din pulbere compozită.

Prin documentul **RO 130834 A1/2016**, este cunoscut și un procedeu de obținere a unei joncțiuni planare cu gradient funcțional pentru aplicații la temperaturi de până la 800°C, realizate prin sintetizarea în plasmă de scânteie (SPS) a unui ansamblu cu compoziție și duritate variabilă format din o placă de grafit placată cu Ni sau Cu, un material de brazare format din pulbere de tip Ni-Cr-Fe-Cu-W/Mo și o placă din oțel aliat cu 0,15% C, maxim 2% Mn, 2,5% Si, 3% Mo și 26% Cr care se îmbină prin introducere într-o matrită de grafit de înaltă densitate 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 și cu viteza de creștere a temperaturii de 100°C/min., timp de menținere pe palierul de sinterizare de 3-5 minute și viteza de răcire de 50°C/min, sub acțiunea a câte 1-12 impulsuri de curent continuu.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în stabilirea unor elemente fazice de procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase tip matrită sau poanson din material compozit cu gradient funcțional care să asigure duritate și rezistență la uzură pe suprafețele de lucru și tenacitate pe suprafețele opuse ale sculei produse.

RO 133487 B1

1 Procedeul conform invenției, de fabricare a unei scule tip matriță sau poanson pentru
ștanțarea tolelor din tablă texturată aliată cu siliciu utilizată la construcția tolelor motoarelor
3 electrice, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că scula de ștanțare este realizată
din material compozit cu gradient funcțional, realizat în plan vertical prin trei straturi I, II și
5 III cu grosimi de ordinul milimetrilor, cu stratul dur și rezistent la uzură corespondent
suprafeței active și straturile tenace corespondente suprafeței opuse, produse prin
7 amestecarea a două tipuri de pulbere metalică dintre care una din oțel cu particule de
ranforsare de alumină sau carbură de siliciu, în raport diferit între ele și cu grosime de strat
9 specifică, sistemul compozit al straturilor I-III astfel format prin încărcare succesivă într-o
matriță care permite reglarea volumului util de încărcare prin ridicarea matriței fiind
11 compactat prin presare și sinterizat la temperatură înaltă în cuptor cu atmosferă controlată,
pentru matricea stratului I fiind utilizată o pulbere de oțel comercial slab aliat care conține
13 0,01% C; 0,45-0,55% Mo; 1,70-1,90% Ni; 0,10-0,20% Mn în care se adaugă în procente
de greutate/masă feroaliaje sub formă de pulberi, respectiv 3% wt pulberi de Fe-Cr și 2,5%
15 wt. pulberi de Fe-Mo cu dimensiuni granulometrice medii de 45 μm, iar pentru matricea
straturilor II și III fiind utilizată o pulbere de oțel care conține 0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,
17 5% Ni; 0,2-0,3% Mn, pentru obținerea unei durități variabile gradual fiind adăugat în pulberea
metalică un procent de pulbere de carbon ales între 0,4 și 1,2% C, împreună cu particule de
19 ranforsare de alumină sau carbură de siliciu, presarea sistemului compozit format din
straturile I-III cu grosimi de 10-20 mm, în funcție de înălțimea sculei produse, fiind realizată
21 la 400÷600 Mpa, iar produsul obținut prin sinterizare la 1000÷1150°C fiind supus unui
tratament termic de călire.

23 Avantajele procedurii conform invenției în raport cu stadiul tehnicii în fabricarea
matrițelor și poansoanelor sunt următoarele:

25 - creșterea de două-trei ori a duratei de viață a matrițelor și poansoanelor procesate
din materiale FGCM cu matrice din pulberi de oțel slab/mediu aliat, comparativ cu rezistența
27 la uzură și fiabilitatea gradientelor funcționale dezvoltate prin metodele PVD și CVD;

29 - creșterea de două-trei ori a duratei de viață a matrițelor și poansoanelor procesate
din materiale FGCM cu matrice din pulberi de oțel slab/mediu aliate comparativ cu rezistența
la uzură și fiabilitatea oțelurilor rapide elaborate prin topire și cu fiabilitatea carburilor
31 metalice sinterizate;

33 - reducerea costurilor de fabricație a matrițelor și poansoanelor de la 3 până la 10 ori
prin eliminarea costurilor ridicate specifice pulberilor de oțel rapid sau pulberilor de oțel înalt
aliat utilizate la fabricarea oțelurilor P/M pentru scule de lucru la rece și practicarea costurilor
35 afereente pulberilor de oțel slab slab aliate, utilizate ca matrice pentru materialele FGCM;

37 - reducerea considerabilă a costurilor de fabricație a matrițelor și poansoanelor din
materiale FGCM prin utilizarea unei matrice din pulberi de oțel slab aliat sau a unei matrice
hibride, respectiv prin utilizarea carburii de siliciu SiC sau a aluminei Al₂O₃, caracterizate prin
39 prețuri deosebit de atractive în condițiile unor proprietăți de rezistență la uzură cvasi-similare
cu cele ale carburii de wolfram WC sau ale carburii de titan TiC;

41 - posibilitatea utilizării unor utilaje convenționale, a unei forțe de muncă mediu
calificată și a existenței unor condiții de micro-mediu prietenos;

43 - creșterea productivității fabricației matrițelor și poansoanelor procesate JCM
deoarece tehnologiile specifice metalurgiei pulberilor permit obținerea formei finale sau
45 apropiată de forma finală, fără a mai fi necesare prelucrări mecanice ale acestora.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figura, care prezintă
47 modul de dezvoltare a gradientului funcțional pe direcție verticală și amplasarea straturilor
I, II și III în partea de jos în cazul unei matrițe și respectiv în partea superioară, în cazul unui
49 poanson.

RO 133487 B1

Conform procedurii conform invenției, scula tip matriță sau poanson este confecționată din material compozit cu gradient funcțional de rezistență la uzură, obținut prin tehnologii specifice metalurgiei pulberilor și dezvoltat în plan vertical prin gradarea durității matricei din pulberi de oțel atomizate și prin gradul de ranforsare cu particule dure descrescător, al acesteia.	1 3 5
Evoluția graduală a durității și rezistenței la uzură în plan vertical se dezvoltă în trei straturi: stratul I/superior, stratul II/de mijloc și stratul III/inferior. Stratul I, în cazul unei matrițe sau al unui poanson pentru ștanțarea tablei texturate aliată cu siliciu, este stratul care intră în contact cu tabla care trebuie procesată. Grosimea fiecărui strat este de 10-20 mm.	7 9
Metodele prin care se modifică gradual duritatea și rezistența la uzură sunt următoarele:	11
- prin utilizarea unor matrici din pulberi de oțel cu compoziții chimice diferite prin gradul de prealiere înainte de atomizare, gradul de aliere fiind descrescător de la stratul I spre stratul III;	13
- prin modificarea graduală a compoziției chimice a matricelor din pulberi de oțel slab aliat prin adăugarea de pulberi de fero-crom și fero-molibden, respectiv de la 3% wt Fe-Cr și 2,5% wt Fe-Mo pentru stratul I, și 0,75% wt. Fe-Cr + 0,6% wt. Fe-Mo pentru stratul III;	15 17
- prin variația cantității de carbon sub formă de pulbere de grafit adăugată în matrice descrescătoare în procente de masă, de la 1,2% C pentru stratul I la 0,5% C pentru stratul III;	19
- prin variația gradului de ranforsare volumică a matricei, strat I ranforsat 30% vol, 20% vol. strat II și 10% vol. strat III.	21
Ranforsarea matricelor straturilor compozite se face cu particule de carbură de siliciu SiC sau alumină Al ₂ O ₃ . Dimensiunile particulelor dure de ranforsare sunt de 10-15 μm.	23
Pentru asigurarea unor legături puternice la interfața dintre particule dure de ranforsare și matrice, acestea se acoperă cu pulberea de oțel a matricei prin măcinare într-o moară cu bile.	25 27
Rețetele sistemelor compozite aferente straturilor care dezvoltă gradientul funcțional de rezistență la uzură prezentate în fig. 1, sunt următoarele:	29
- stratul I: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 4600 V (0,01% C; 0,45-0,55% Mo; 1,70-1,90% Ni; 0,10-0,20%) + 1,0-1,2% wt. C + 3% wt. Fe-Cr + 2,5% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt. SnZn + 30 vol.% SiC /Al ₂ O ₃ ;	31
- stratul II: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000 (0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,6-0,8% wt. C + 1,5% wt. Fe-Cr + 1,2% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 20 vol.% SiC/Al ₂ O ₃ ;	33 35
- stratul III: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000 (0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,4-0,5% wt. C + 0,75% wt. Fe-Cr + 0,6% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 10 vol.% SiC /Al ₂ O ₃ .	37
Componentele fiecăruia dintre sistemele compozite de mai sus se amestecă într-un amestecător specific fabricației de piese sinterizate având grijă să se poată identifica rapid rețeta fiecăruia.	39 41
Încărcarea în matriță a straturilor aferente fiecărui sistem compozit începe cu stratul III, se continuă cu stratul II și la final se încarcă stratul I. Matrița utilizată pentru compactarea simultană a straturilor va permite reglarea volumului de încărcare pentru fiecare strat.	43
Compactarea sistemelor compozite care dezvoltă gradientul funcțional se face la o presiune de 400-450 MPa. La extracția preformelor crude din matriță se va acorda o atenție deosebită manipulării acestora, pentru a nu se distruge.	45 47

RO 133487 B1

1 Sinterizarea preformelor crude se face în cuptor cu atmosferă controlată.

3 Preforme crude ale matrițelor și poansoanelor ranforsate gradat cu carbura de
siliciu se sinterizează în atmosferă controlată la temperatură de 1000-1050°C. Peste 1050°C
5 carbura de siliciu SiC reacționează chimic cu matricea de oțel și formează compuși chimici
cu duritate mare dar și de dimensiuni care pot afecta tenacitatea matricei. Datorită reac-
7 tivității carburii de siliciu cu matricele din pulberi de oțel acest material cu proprietăți deosebite
dar și deosebit de avantajos ca preț în comparație cu carbura de wolfram WC sau carbura
9 de titan TiC, a fost utilizat exclusiv pentru ranforsarea materialelor compozite cu matrice de
aluminu sau aliaje de titan. Utilizarea carburii de siliciu SiC pentru prima dată ca element de
11 ranforsare a unei matrice de oțel cu condiția sinterizării la o temperatură mai mică de
1050°C, fără afectarea densității relative finale a pieselor procesate este una din reven-
dicările acestei cereri.

13 Preforme matrițelor și poansoanelor ranforsate cu particule de alumină, Al₂O₃ se
sinterizează la temperatura de 1100-1150°C.

15 De la temperatura de sinterizare atât preforme ranforsate cu SiC cât și preforme
ranforsate cu Al₂O₃ sunt représate la cald la o presiune de 500-600 MPa. Pentru evitarea
17 unei noi încălziri, preforme sinterizate sunt scoase din cuptor de la temperatura de
sinterizare și se introduc în matrița de re-presare. Temperatura de re-presare nu va fi mai
19 mică de 900°C. Această operație de re-presare elimină porozitățile și face posibilă
practicarea sinterizării la temperatura de 1000-1050°C, și nu la temperatura de 1150°C.

21 Pentru obținerea unei durități care să asigure o rezistență la uzură corespunzătoare
matrițele și poansoanele sunt tratate termic prin călire care constă în încălzire în atmosferă
23 controlată la temperatura de 840-870°C și răcire în ulei/apă, urmată de revenire la
250°C/30 min.

25 Pentru durificarea suplimentară a suprafețelor active de decupare și perforare
matrițele și poansoanele se tratează termic prin nitruare ionică la 400-500°C/5-10 h

27 **Exemplul 1 de realizare**

Realizarea unei matrițe din material cu gradient funcțional ranforsat cu alumină Al₂O₃
29 pentru ștanțarea tablei aliate cu siliciu folosită la fabricare motoarelor electrice presupune
următoarele operații tehnologice:

31 1. Dozarea pulberilor matricelor;

33 1.1. Dozarea gravimetrică/cântărirea pulberii matricei și a elementelor sub formă de
pulberi adăugate în matrice: carbonul sub formă de pulbere de grafit, pulbere de cupru,
pulbere de stearat de zinc pentru fiecare strat;

35 1.2. Dozarea gravimetrică/cântărirea pulberilor de Fe-Cr și Fe-Mo pentru stratul I;

37 1.3. Dozarea volumetrică a particulelor de alumină Al₂O₃ în proporție de 30%, 20%
și 10% corespunzător compoziției straturilor I, II și III;

39 2. Măcinarea în moară cu bile a particulelor dure de Al₂O₃ și a pulberii de oțel;

3. Amestecarea în amestecător a rețetelor mixurilor aferente fiecărui strat:

41 3.1. Rețeta stratului I: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 4600V (0,01%
C; 0,45-0,55% Mo; 1,70-1,90% Ni; 0,10-0,20%) + 1,0-1,2% wt. C + 3% wt. Fe-Cr + 2,5% wt.
Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 30 vol.% Al₂O₃;

43 3.2. Rețeta stratului II: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000 (0,01%
C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,6-0,8% wt. C + 1,5% wt. Fe-Cr + 1,2% wt.
45 Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 20 vol.% Al₂O₃;

47 3.3. Rețeta mixului stratului III: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000
(0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,4-0,5% wt. C + 0,75% wt. Fe-Cr
+ 0,6% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 10 vol.% Al₂O₃;

RO 133487 B1

4. Compactarea mixurilor gradate funcțional;	1
4.1. Încărcarea în matriță a mixurilor în ordinea: stratul III, II și I;	
4.2. Compactarea la presiunea de 400-450 MPa;	3
4.3. Extragerea preformei crude fără distruberea integrității °C;	
5. Sinterizare preformelor: cuptor cu atm. controlată la temperatura de 1150°C/45 min;	5
6. Re-presarea preformelor sinterizate la: 1050-1100°C și presiune de 500-600 MPa;	7
7. Tratament termic de călire: în cuptor cu atm. controlată, cu încălzire la 840-870°C/30 min; răcire în apă;	9
8. Tratament termic de revenire: temperatura 250°C/30 min;	
9. Tratament termic de nitrurare ionică: 400-500°C/5-10 h funcție de grosimea stratului nitrurat.	11 13
Exemplul 2 de realizare	
Realizarea unei matrițe din material cu gradient funcțional ranforsat cu carbură de siliciu SiC pentru ștanțarea tablei aliate cu siliciu folosită la fabricare motoarelor electrice presupune, în acest exemplu, următoarele operații tehnologice:	15 17
1. Dozarea pulberilor matricelor;	
1.1. Dozarea gravimetrică/cântărirea pulberii matricei și a elementelor sub formă de pulberi adiționate în matrice: carbonul sub formă de pulbere de grafit, pulbere de cupru, pulbere de stearat de zinc pentru fiecare strat;	19 21
1.2. Dozarea gravimetrică/cântărirea pulberilor de Fe-Cr și Fe-Mo pentru stratul I;	
1.3. Dozarea volumetrică a particulelor de carbură de siliciu SiC în proporție de 30%, 20% și 10% corespunzător straturilor I, II și III;	23
2. Măcinarea în moară cu bile a particulelor dure de SiC și a pulberii de oțel a matricei;	25
3. Amestecarea în amestecător a rețelor mixurilor aferente fiecărui strat:	27
3.1. Rețeta stratului I: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 4600 V (0,01% C; 0,45-0,55% Mo; 1,70-1,90% Ni; 0,10-0,20%) + 1,0-1,2% wt. C + 3% wt. Fe-Cr + 2,5% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu + 1% wt SnZn + 30 vol.% SiC;	29
3.2. Rețeta stratului II: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000 (0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,6-0,8% wt. C + 1,5% wt. Fe-Cr + 1,2% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu+ 1% wt SnZn + 20 vol.% SiC;	31 33
3.3. Rețeta mixului stratului III: matrice din pulbere de oțel slab aliat din clasa A 2000 (0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn) + 0,4-0,5% wt. C + 0,75% wt. Fe-Cr + 0,6% wt. Fe-Mo + 2% wt Cu+ 1% wt SnZn + 10 vol.% SiC;	35
4. Compactarea mixurilor gradate funcțional;	37
4.1. Încărcarea în matriță a mixurilor în ordinea stratul III, II și I;	
4.2. Compactarea la presiunea de 400-450 MPa;	39
4.3. Extragerea preformei crude fără distrugerea integrității ;	
5. Sinterizare preformelor: în cuptor cu atm. controlată la 1000-1050°C/ 45 min;	41
6. Re-presarea preformelor sinterizate: 900-950°C și presiune de 500-600 MPa;	
7. Tratament termic de călire: încălzire în cuptor cu atm. controlată, la 840-870°C/30 min. și răcire în apă;	43
8. Tratament termic de revenire: la temperatura 250°C/30 min.;	45
9. Tratament termic de nitrurare ionică: la 400-500°C/5-10 h, funcție de grosimea stratului nitrurat.	47

RO 133487 B1

Revendicări

1

3

1. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, tip matriță sau poanson, din material compozit cu gradient funcțional realizat în plan vertical prin trei straturi I, II și III cu grosimi de ordinul milimetrilor, cu stratul dur și rezistent la uzură corespondent suprafeței active și straturile tenace corespondente suprafeței opuse, produse prin amestecarea a două tipuri de pulbere metalică dintre care una din oțel cu particule de ranforsare de alumină sau carbură de siliciu, în raport diferit între ele și cu grosime de strat specifică, sistemul compozit al straturilor I-III astfel format prin încărcare succesivă într-o matriță care permite reglarea volumului util de încărcare prin ridicarea matriței fiind compactat prin presare și sinterizat la temperatură înaltă în cuptor cu atmosferă controlată, **caracterizat prin aceea că**, pentru matricea stratului I este utilizată o pulbere de oțel comercial slab aliat care conține 0,01% C; 0,45-0,55% Mo; 1,70-1,90% Ni; 0,10-0,20% Mn în care se adăunează în procente de greutate/masă feroaliaje sub formă de pulberi, respectiv 3% wt pulberi de Fe-Cr și 2,5% wt. pulberi de Fe-Mo cu dimensiuni granulometrice medii de 45 μm, iar pentru matricea straturilor II și III este utilizată o pulbere de oțel care conține 0,01% C; 0,50-0,70% Mo; 0,4-0,5% Ni; 0,2-0,3% Mn, pentru obținerea unei durități variabile gradual fiind adăugat în pulberea metalică un procent de pulbere de carbon ales între 0,4 și 1,2% C, împreună cu particule de ranforsare de alumină sau carbură de siliciu, presarea sistemului compozit format din straturile I-III cu grosimi de 10-20 mm, în funcție de înălțimea sculei produse, fiind realizată la 400÷600 Mpa iar produsul obținut prin sinterizare la 1000÷1150°C fiind supus unui tratament termic de călire.

11

13

15

17

19

21

23

2. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, mixurile matricelor generează proprietăți gradate de duritate prin procentul de carbon sub formă de grafit adăugat în matricele sistemelor compozite astfel: pentru matricea stratului I se adăunează 1,0-1,2% C, pentru matricea stratului II se adăunează 0,6-0,8% C iar pentru matricea stratului III se adăunează 0,4-0,6% C.

25

27

29

3. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform revendicării 1 sau 2, **caracterizat prin aceea că**, ranforsarea matricelor straturilor I-III se realizează cu particule dure de alumină calcinată Al_2O_3 sau/și carbură de siliciu SiC în proporții volumice gradate astfel: -strat I ranforsat cu 30% vol particule dure, strat II ranforsat cu 20% vol și strat III ranforsat cu 10% vol.

31

33

4. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**, particulele dure de alumină și carbură de siliciu sunt mixate împreună cu pulberea matricei în moară cu bile până la acoperirea acestora cu o peliculă de pulbere de oțel care asigură reducerea formelor ascuțite, colțuroase și respectiv favorizează creșterea legăturilor la interfața dintre matrice și particulele dure de ranforsare.

35

37

39

5. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform revendicării 1, 2, 3 sau 4, **caracterizat prin aceea că**, dimensiunile particulelor de ranforsare sunt cuprinse între 10-15 μm.

41

43

6. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform revendicării 1, 2, 3, 4 sau 5, **caracterizat prin aceea că**, mixturile pentru straturile I, II și III se produc în amestecătoare bitronconice.

45

47

7. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform uneia dintre revendicările de la 1 la 6, **caracterizat prin aceea că**, ranforsarea straturilor I-III se realizează cu carbură de siliciu iar sinterizarea se face în cuptor cu atmosferă controlată la temperatura de 1000-1050°C.

RO 133487 B1

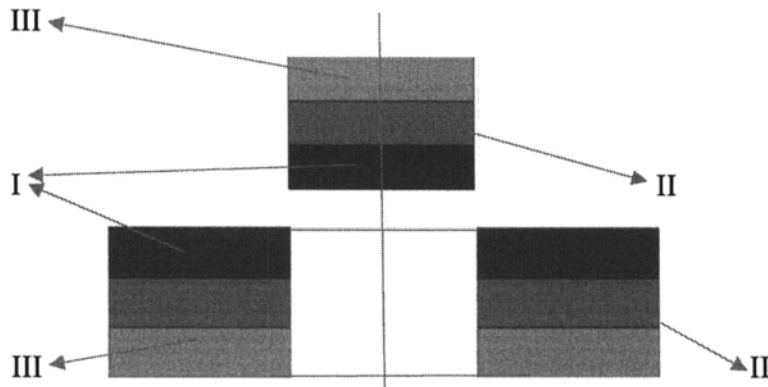
8. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform uneia dintre revendicările de la 1 la 6, **caracterizat prin aceea că**, ranforsarea straturilor I-III se realizează cu alumină iar sinterizarea se face în cuptor cu atmosferă controlată la temperatura de 1100-1150°C. 1
3
9. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform uneia dintre revendicările de la 1 la 8, **caracterizat prin aceea că**, de la temperatura de sinterizare preformele sinterizate sunt represate la presiuni de 500-600 MPa astfel încât densitatea relativă să aibă valori similare densității teoretice. 5
7
10. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform uneia dintre revendicările de la 1 la 9, **caracterizat prin aceea că**, tratamentul termic de călire se realizează prin încălzire în cuptor cu atmosferă controlată la temperatura de 840-870°C și răcire în ulei sau apă. 9
11
11. Procedeu de fabricare a unei scule pentru ștanțarea tablei silicioase, conform uneia dintre revendicările de la 1 la 10, **caracterizat prin aceea că**, suprafețele active ale sculei produse sunt nitrurate ionic la 400-500°C pe grosimi de 0,10-0,30 mm. 13
15

(51) Int.Cl.

B22F 7/02 (2006.01);

B22F 3/12 (2006.01);

C23C 28/04 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 115/2023