



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00893

(22) Data de depozit: 25.11.2013

(41) Data publicării cererii:
29.05.2015 BOPI nr. 5/2015

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO

(72) Inventatori:
• BRAIC MARIANA, STR.TELIȚA NR.4,
BL.66 B, AP.43, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;
• BRAIC VIOREL, STR.TELIȚA NR.4,
BL.66 B, AP.43, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) MATERIALE MULTISTRAT DURE ȘI ADERENTE PENTRU
APLICAȚII TRIBIOLOGICE LA TEMPERATURI ÎNALTE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la materiale de acoperire multistrat, dure, rezistente la uzură în mediu uscat, utilizate pentru acoperirea suprafețelor active ale matrițelor folosite în procesul de injecție a termoplasticelelor, pentru creșterea duratei de exploatare a acestora. Materialele multistrat, conform invenției, sunt formate din carburi cvasisto-echiometrice alternante, unul dintre straturi fiind carbura unui aliaj cu înaltă entropie, iar celălalt strat fiind carbură de siliciu; straturile subțiri sunt obținute printr-o metodă de depunere din fază fizică de vapori, cum sunt pulverizarea magnetron sau arcul catodic, grosimea totală a materialelor multistrat este cuprinsă în intervalul

2...5 μm, grosimile perechilor de straturi subțiri sunt cuprinse în intervalul 10...30 nm, iar raportul grosimilor straturilor individuale are valori cuprinse în intervalul 1...4, materialele multistrat prezentând următoarele caracteristici: aderență ridicată la substratul metalic, valoarea forțelor normale critice la testul de aderență prin zgâriere este cuprinsă în intervalul 42...50 N, au microdurități Vickers cuprinse în intervalul 32...38 GPa, în mediu uscat cu coeficienți de frecare < 0,15 și rate de uzură < 2 x 10⁻⁷ mm³N⁻¹m⁻¹.

Revendicări: 3



a 2013 00893
25.11.2013

MATERIALE MULTISTRAT DURE ȘI ADERENTE PENTRU APLICAȚII TRIBOLOGICE LA TEMPERATURI INALTE

DESCRIERE

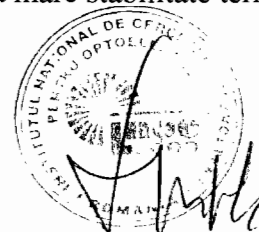
Invenția se referă la materiale sub formă de multistraturi subțiri, dure, rezistente la eroziune uscată, aderente la suportul pe care au fost depuse și care sunt utilizate pentru matrițelor de injecție a materialelor termoplastice care lucrează în condiții adverse de mediu, caracterizate prin frecare la temperaturi înalte.

Dezvoltarea industriei de prelucrare a materialelor termoplastice și în special a celei de prelucrare prin tehnologia de injecție a condus la apariția de piese injectate cu forme geometrice complexe, astfel că pentru obținerea unei calități superioare a produselor finale matrițele utilizate sunt supuse unor solicitări crescute. Concomitent, a apărut și un progres însemnat în calitatea și diversitatea materialelor termoplastice, fiind necesară creșterea temperaturii de lucru a matrițelor în procesul de injecție a termoplasticilor. Matrițele de injecție a termoplasticilor sunt întrebuițate într-o serie largă de aplicații cum ar fi: producția de piese pentru industria auto, producția de piese pentru uz casnic, producția de piese pentru industria electronică și electrotehnică.

Pentru realizarea matrițelor pentru injecția termoplasticilor se folosesc materiale ușor prelucrabile mecanic, cum ar fi oțelurile aliate cu prelucrare la rece de tip W1.2311 (40CrMnMo7), W1.2312 (40CrMnMoS86) sau cu prelucrare la cald W1.2343 (X38CrMoV51), W1.2344 (X40CrMoV51).

Este cunoscut faptul că uzura matrițelor care trebuie să aibă un timp de viață de funcționare îndelungat în condițiile în care temperatura de funcționare depășește 350⁰ C, este determinată în principal de procesele de frecare abrazivă. Având în vedere prețul mare al matrițelor, precum și costurile legate de oprirea instalațiilor pentru înlocuirea lor în liniile de producție, pentru creșterea timpului de viață a matrițelor s-au folosit diverse soluții pentru creșterea rezistenței acestora folosind materiale scumpe pentru execuție.

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție este aceea de a îmbunătăți calitatea suprafețelor matrițelor, fără a utiliza materiale scumpe pentru execuția lor, ci prin protejarea suprafețelor acestora cu materiale sub formă de multistraturi subțiri, cu mare stabilitate termică și



aderente la materialul suport, care să crească durata medie de exploatare a matrițelor cu peste 50%.

Materialele de acoperire, conform invenției, sunt realizate sub forma unor multistraturi de carburi formate din carburi cvasistoichiometrice ale aliajelor cu înaltă entropie, descrise prin formula generală $(E_1E_2\dots E_5)C$, unde E_1, \dots, E_5 sunt elemente metalice din seria - Cr, Hf, Mo, Nb, Ni, Ta, Ti, Zr, Y, fiecare dintre elementele componente E_k aflându-se în concentrații atomice c_{E_k} aproximativ egale ($c_{E_k}/(\sum_{i=1}^5 c_{E_i}) \approx 1/5$), în acord cu definiția aliajelor cu înaltă entropie [1-3], iar celalalt strat este unul de carbură de siliciu - SiC. Materialele de acoperire multistrat, care fac obiectul invenției, prezintă, comparativ cu monostraturile, tensiuni mecanice reduse datorită alternării straturilor individuale din structura depunerii, o aderență sporită la substrat, duritate superioară și rezistență la uzură. Existența stratului de SiC determină creșterea rezistenței la oxidare și stabilitatea caracteristicilor tribologice la temperaturi înalte, specifice funcționării matrițelor de injecție a termoplasticelelor. Materialele multistrat de carburi, conform invenției, sunt realizate din straturi subțiri individuale alternate, cu grosimi totale cuprinse între 2 și 5 μm . Grosimile perechilor de straturi subțiri sunt cuprinse între 10 și 30 nm, având raportul grosimilor straturilor individuale $(E_1E_2\dots E_5)C / \text{SiC}$ cuprins între 1 și 4. Straturile subțiri alternate sunt cvasistoichiometrice, astfel că concentrația de carbon c_C și cea a metalelor ($\sum_{i=1}^5 c_{E_i}$), respectiv a siliciului c_{Si} , sunt în relațiile $(0,9 \leq c_C/(\sum_{i=1}^5 c_{E_i}) \leq 1,1)$, respectiv $0,9 \leq c_C/c_{\text{Si}} \leq 1,1$.

Materialele multistrat pentru acoperirea matrițelor utilizate în injecția termoplasticelelor, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- sunt stabile și inerte chimic;
- nu modifică tipo-dimensiunea matrițelor și nu induc modificări funcționale ale acestora;
- au proprietăți mecanice și tribologice stabile în timp;

Materialele multistrat, conform invenției, sunt obținute printr-o metodă de depunere din fază fizică de vapori (pulverizare magnetron, arc catodic). Proprietățile superioare ale materialelelor care fac obiectul invenției, sunt generate de structura de tip multistrat care împiedică propagarea fisurilor, crăpăturilor și spărturilor în adâncimea straturilor, rezultate în urma uzării, sporind astfel durabilitatea și performanțele materialelelor acoperite.

Invenția este prezentată în continuare în mod detaliat.

Un exemplu de realizare a materialului multistrat este cel constituit din 200 de straturi alternate de carburi cvasistoichiometrice de $(\text{MoNbTaTiZr})C$ și de SiC, primul strat de $(\text{MoNbTaTiZr})C$



fiind depus direct pe suportul metalic, iar ultimul strat depus fiind cel de SiC. Toate straturile individuale din componența multistratului sunt cvasistoechiometrice ($0,9 \leq c_C / (c_{Mo} + c_{Nb} + c_{Ta} + c_{Ti} + c_{Zr}) \leq 1,1$), respectiv $0,9 \leq c_C / c_{Si} \leq 1,1$, având aproximativ aceeași grosime, grosimea totală a materialului multistrat fiind de 3 μm . Materialul multistrat prezintă o aderență la substratul metalic de 44 N, determinată prin testul de aderență prin zgâriere ("scratch test"), o microdurate Vickers de 34 GPa, un coeficient de frecare în mediu uscat de 0,1 și o rată de uzare în mediu uscat de $6 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$.

Un alt exemplu de realizare este cel constituit din 150 de straturi alternate de carburi cvasistoechiometrice de (TiNbNiZrY)C și de SiC, primul strat de (TiNbNiZrY)C fiind depus direct pe suportul metalic, iar ultimul strat depus fiind cel de SiC. Toate straturile individuale din componența multistratului sunt cvasistoechiometrice ($0,9 \leq c_C / (c_{Ti} + c_{Nb} + c_{Ni} + c_{Zr} + c_Y) \leq 1,1$), respectiv $0,9 \leq c_C / c_{Si} \leq 1,1$, având raportul grosimilor (TiNbNiZrY)C/SiC de 3, grosimea totală a materialului multistrat fiind de 3,6 μm . Materialul multistrat prezintă o aderență la substratul metalic de 48 N, determinată prin testul de aderență prin zgâriere ("scratch test"), o microdurate Vickers de 36 GPa, un coeficient de frecare în mediu uscat de 0,12 și o rată de uzare în mediu uscat de $10^{-7} \text{ mm}^3 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$.

Materialul multistrat este obținut într-o plasmă reactivă care conține atomi și ioni de metale, siliciu și carbon, la presiuni cuprinse între 5×10^{-2} și 1 Pa, la temperaturi ale substratului pe care se face depunerea cuprinse între 80^0 și 150^0 C, ceea ce nu determină modificări structurale ale acestuia, timpul de depunere fiind cuprins în intervalul 180 - 360 min.

Materialele multistrat prezintă aderență ridicată la substrat, forțele normale critice la testul de aderență prin zgâriere ("scratch test") fiind de 42 ... 50 N. Materialele multistrat au microdurate Vickers cuprinse între 32 ... 38 GPa, coeficienți de frecare în mediu uscat mai mici de 0,15 și rate de uzare în mediu uscat mai mici de $2 \times 10^{-7} \text{ mm}^3 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$.



**MATERIALE MULTISTRAT DURE ȘI ADERENTE PENTRU APLICAȚII
TRIBOLOGICE LA TEMPERATURI INALTE**

REVEDICĂRI

1. Materiale multistrat din straturi subțiri dure, obținute printr-o tehnologie de depunere din fază fizică de vapori, **caracterizate prin aceea că** sunt formate din carburi cvasistoichiometrice, unul dintre straturi fiind carbura unui aliaj cu înaltă entropie, descrisă prin formula generală $(E_1E_2\dots E_5)C$, elementele $E_1\dots E_5$ fiind din seria - Cr, Hf, Mo, Nb, Ni, Ta, Ti, Zr, Y, iar celălalt strat fiind carbura de siliciu - SiC..
2. Materiale, conform revendicării 1, **caracterizate prin aceea că** au o grosime totală a stratului cuprinsă între 2 și 5 μm , prezintă o duritate Vickers cuprinsă în domeniul 32.....38 GPa și sunt aderente la substrat, forțele normale critice măsurate la testul de aderență prin zgâriere (“scratch test”) fiind de 42 – 50 N.
3. Materiale, conform revendicării 1, **caracterizate prin aceea că** prezintă în mediu uscat un coeficient de frecare mai mic de 0,15 și o rată de uzare mai mică de $10^{-7} \text{mm}^3\text{N}^{-1}\text{m}^{-1}$.

