

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00938

(22) Data de depozit: 02/12/2014

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2016 BOPI nr. 6/2016

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL PENTRU FIZICA  
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI -  
INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• POROSNCIU CORNELIU- CONSTANTIN,  
ȘOS. GIURGIULUI NR. 202, BL. P12, SC. 2,  
AP. 15, COMUNA 1 DECEMBRIE, IF, RO;  
• LUNGU PETRICĂ CRISTIAN,  
CALEA MOȘILOR NR.241, BL.47, SC. 3,  
ET.7, AP.92, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• JEPU IONUȚ,  
STR. PRELUNGIREA GHENCEA NR. 53,  
BL. F2, SC. C, ET. 2, AP. 121, BRAGADIRU,  
IF, RO;

• POMPILIAN GLORIA OANA,  
STR. SOLDAT V. CROITORU NR. 7, BL. 4,  
SC. 2, AP. 84, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• DINCĂ PAUL PAVEL, STR. UIOARA  
NR. 9, BL. A13, SC. A, ET. 2, AP. 8,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• LUNGU MIHAIL, CALEA MOȘILOR  
NR. 241, BL. 47, SC. 3, AP. 92, SECTOR 2,  
BUCUREȘTI, B, RO

### (54) STRATURI ANTIFRICȚIUNE TERNARE DE TIP C-TI-Me (Me; Ag; Al) ȘI METODĂ DE DEPUNERE

#### (57) Rezumat:

Invenția se referă la straturi antifricțiune ternare, de tip C-Ti-Me, unde Me poate fi Ag sau Al, care sunt utilizate la acoperirea elementelor mecanice, din metale sau aliaje metalice, pentru minimizarea coeficientului de frecare în regim uscat, în scopul îmbunătățirii rezistenței la oboseală și la uzură a acestora, precum și la o metodă de depunere a acestora. Stratul antifricțiune, conform invenției, este compus dintr-un film de carbon-titan dopat cu incluziuni metalice de Ag sau Al, grosimea filmului fiind cuprinsă în intervalul 0,5...1,5 μm, cu legături sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup> și sp<sup>1</sup>, în care concentrația legăturilor sp<sup>3</sup> > 20%, coeficientul de frecare este în domeniul 0,2...0,6, iar duritatea este de 20±5 GPa. Metoda conform invenției se bazează pe depunerea, cu ajutorul arcului termoionic, în vid, a materiilor prime pure, din grafit, titan, argint, aluminiu, procesate în vid înalt < 5 x 10<sup>-5</sup>, fără utilizarea niciunui gaz pentru producerea stării de plasmă.

Revendicări: 6  
Figuri: 5

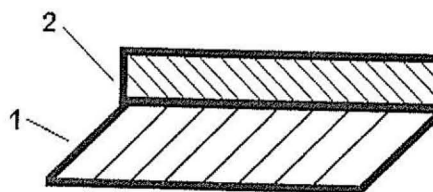


Fig. 1



14

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a. 2014 OC 938
Data depozit .... 02.12.2014.

## Straturi antifricțiune ternare de tip C-Ti-Me (Me:Ti, Al) și metoda de depunere

### Domeniul invenției

Prezenta invenție se referă la straturi antifricțiune (coeficient de frecare scăzut în regim uscat) și procedeu de preparare pentru aplicare pe elemente mecanice din metale sau aliaje metalice pentru minimizarea coeficientului de frecare în regim uscat în scopul îmbunătățirii rezistenței la oboseală și a rezistenței la uzură a acestora.

Este cunoscut faptul că atunci când suprafața elementelor mecanice în mișcare (lagare, cuzinetai, etc) este deteriorată, capacitatea de alunecare este afectată, întrucât piesele în mișcare se încălzesc local elementele mecanice se deformează și întreg ansamblul mecanic se deteriorează.

### Introducere

Brevetul SUA nr. 6, 068, 379 prezintă un dispozitiv dentar acoperit cu un strat protector cu conținut de carbon. Din păcate, nu este indicat să se folosească tipul de strat carbonic (DLC – diamond like carbon, carbon diamantifer) din Brevetul 6,068,379, întrucât acesta necesită încălzire până la 1093 grade C pentru această aplicație, lucru care tinde să deterioreze multe tipuri de substraturi și nu este foarte dens, ceea ce înseamnă că trebuie aplicat în strat foarte gros. Acest tip de strat carbonic tinde să se exfolieze destul de ușor. Prin urmare, atât metoda de aplicare a acestui tip de strat carbonic și însuși tipul de strat aplicat sunt ambele de nedorit.

Din cele de mai sus rezultă că ar fi nevoie de elemente mecanice cu suprafața tratată care să fie mai puțin susceptibilă la uzură prin frecare sau altfel de deteriorări ale stratului care acoperă acea suprafață. De asemenea, este nevoie ca stratul protector să poată fi aplicat la temperaturi relativ joase, și care să fie aderente

Sunt cunoscute straturile cu conținut de carbon depuse pe diferite substraturi pentru a le îmbunătăți calitățile, având în vedere că straturile acestea au următoarele proprietăți interesante:

- rezistența la acțiunea chimică a substanțelor corozive existente în mediul inconjurator;
- duritatea față de acțiunile mecanice ale materialelor abrazive cu care intra în contact;

- coeficientul mic de frecare la contactul cu corpuri care se deplaseaza in raport cu corpul acoperit cu straturi cu continut de carbon.

Straturile carbonice sunt structuri amorfe care cuprind in special trei genuri de legatura intre atomii de carbon - legaturi sp<sup>3</sup> foarte puternice, legaturi mai slabe sp<sup>2</sup>, existente in structurile grafitice, si in cantitate mult mai mica – legaturi sp<sup>1</sup>.

Procentul relativ al acestor tipuri de legaturi existente in structurile amorfe carbonice depinde de metoda de depunere si de parametrii specifici folositi de fabricanti in cadrul fiecarei metode alese de acestia.

Ca metode de depunere mai des folosite pentru obtinerea acestor straturi putem enumera urmatoarele:

- (i) descarcari in precursori gazosi de hidrocarburi (cum ar fi gazul metan sau compusi metal-organici, precum Organotitanium sau Organoaluminium) in care se descompun moleculele, iar carbonul si metalul dopant se depun pe substratele (corpurile) care trebuie sa le acopere;
- (ii) pulverizarea catodica simultana a grafitului si a metalelor de interes prin descarcari in argon si depunerea atomilor in straturi subtiri;
- (iii) descarcari in vid in arc la curenti mari cu electrozi de grafit si metal (Me);
- (iv) descarcari in vid in regim de emisie termoionica de la catod tip TVA (thermionic vacuum arc; arc termoionic in vid) si anodi din grafit, titan, argint, aluminiu.

Primele doua metode folosesc descarcari in gaze si deci in stratul care se depune sunt de obicei incluse si gaze care pot slabi calitatile stratului. Celelalte doua metode folosesc descarcarea in vid (deci in absenta gazelor). Descarcarea in vid se amorseaza in gazul format din atomii si ionii extrasi din electrozi fie prin bombardamentul cu ionii din plasma a catodului, in cazul arcului in vid la curent mare, fie prin evaporarea anodului printr-un intens bombardament cu electronii emisi termic de catodul incalzit din exterior combinata cu aprinderea unei plame in acesti atomi evaporati (TVA). In cazul descarcarii in curent mare atomii provin din catod prin bombardament cu ioni, depunerile efectuandu-se cu viteze mari dar existand si posibilitatea nedorita de a se scoate din catod si a unor particule multiatomice (clusteri) care au efect distructiv asupra structurii stratului depus.

### **Metodologie**



Prin metoda de depunere propusa, aceste dezavantaje sunt inalturate deoarece descarcarea se face la curenti mici si tensiuni mari pentru ca electronii necesari aprinderii si mentinerii plamei sunt emisi de catodul incalzit cu o sursa externa independenta de curent. Acestia sunt emisi de un filament de wolfram de dimensiuni corespunzatoare, sunt accelerati catre anod cu o tensiune electrica de ordinul kilovoltilor si lovind anodul evapora rapid materialul acestuia si aprind o plasma in atomii puri anodici evaporati din anod.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui strat dur cu continut carbonic sa reduca coeficientul de frecare in regim uscat si sa imbunatateasca rezistenta la uzura a pieselor tratate.

Stratul antifricțiune care ca baza amestecul de carbon-titan este caracterizat prin aceea ca este format dintr-un film din carbon-titan cu incluziuni metalice (Me), in care metalul dopant poate fi Ag sau Al. Stratul antifricțiune este format dintr-un film de carbon-titan, de grosimi 0.5-1.5 micrometri cu legaturi sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup>, sp<sup>1</sup>, in care concentratia legaturilor sp<sup>3</sup> este mai mare decat 20%, coeficientul de frecare este in domeniul 0.2-0.6, iar duritatea este in domeniul 20+/- 5 GPa.

Prezenta legaturilor sp<sup>3</sup>, ca si component principal al stratului de carbon amorf confera straturilor rezistenta la oboseala, rezistenta la uzura si proprietatea de antifricțiune in regim uscat.

Tehnica utilizata la prepararea stratului antifricțiune are la baza metoda arcului termoionic in vid si utilizeaza materii prime pure (grafit, titan, aluminiu, argint), procesate in vid inalt (<5\*10<sup>-5</sup>mbar) fara utilizarea niciunui gaz pentru producerea starii de plasma.

Etapele procedurii de preparare a stratului antifricțiune sunt urmatoarele :

(1) Curatarea si pregatirea probelor utilizand nisa de chimie cu ventilatie , materiale textile, solventi organici (acetona, etanol)

- Se indeparteaza orice pata de grasime sau impuritati de pe suprafetele probelor care vor fi depuse.

(2) Incarcarea probelor pe suportul pentru probe, utilizand manusi din polietilena

- Probele sunt montate pe suportul pentru probe si sunt instalate in camera de depunere.

(3) Evacuare si degazare, utilizand echipamentul TVA (camera de depuneri cu sistem de vidare)

- Se videaza camera de depuneri pana cand nivelul de vid atinge  $5 \cdot 10^{-5}$  torr;

(4) Depunerea simultana de carbon, titan si Me (Al sau Ag), utilizand echipamentul de depunere TVA si materiale de depunere: bara din grafit, bara din titan si granulele din Al sau Ag puse in creuzete din  $TiB_2$  :

- Se porneste incalzirea filamentelor catozilor folosind curent mare (30-60A), tensiune mica (0-24V);
- Se aplica tensiuni pozitive ridicate (0-5kV) pe anodi;
- Se asteapta pana cand curentul de descarcare creste pana la o valoare determinata ( intre 1.0 si 1.6A); tensiunea pe anod scade pana la 1.0-1.8kV dupa aprinderea plasmii in vapori de carbon.
- Se continua depunerea pana cand se obtine grosimea dorita;

(5) Oprirea procesului de depunere, utilizand echipamentul TVA:

- Se opreste alimentarea sistemului de vidare
- Se introduce aer in camera de depunere si se scot probele.

(6) Impachetarea probelor marcate, utilizand cutii de ambalaj din polietilena:

- Dupa indepartarea din camera de depunere, probele se ambaleaza in cutii speciale din polietilena.

Dupa cum se prezinta in Fig. 1, o piesa metalica este formata din materialul de baza slefuit conform aplicatiei respective 1 si un strat antifriciune 2, in contact direct cu materialul de baza 1. Stratul antifriciune 2 include ca si component principal amestecul de carbon-titan (de exemplu in raport 30-50/70-50 at%) si un element dopant (argint sau aluminiu in proportie de 5-20 at% in raport cu celelalte componente). Stratul antifriciune poate fi realizat prin acoperire uscata, de exemplu prin arc termoionic in vid (TVA), conform inventiei. O grosime a acestuia este, de exemplu, de 0.5-3 micrometri, iar carbonul amorf cuprinde legaturi sp<sup>3</sup> in proportie de cel putin 20%.

In continuare se prezinta 2 exemple de realizare ale inventiei.

#### **Exemplul 1:**

O proba de test a stratului antireflex este realizata cu o instalatie de depuneri cu arc termoionic in vid, dupa cum se vede si in Fig. 2. Un disc din otel OLC (diametrul 25 mm,

grosime 2 mm, 7, este plasat intr-un suport 8 care poate fi incalzit pana la 400°C intr-o incinta 14 care este vidata pana la o presiune mai mica decat  $5 \cdot 10^{-5}$  mbar cu ajutorul unui agregat de vidare format dintr-o pompa mecanica de vid preliminar si o pompa de difuzie. 3 surse de tensiune alternativa joasa 15, (0-24 V) si curent mare (0-120 A) alimenteaza filamentele din wolfram 1, care produc fascicule de electroni focalizate cu ajutorul cilindrilor Wehnelt 3 catre anozii descarcarii formati din bare din grafit, titan si metal (argint, sau aluminiu) 3.

Tensiunile necesare aprinderii simultane a descarcarii in vapori de carbon, titan si argint este asigurata de sursele de alimentare in curent continuu 12, 13, 14 (0-5000 V, 0-2A) prin intermediul rezistentelor balast de limitare a curentului, 9, 10, 11 (2500Ω, 10 kW), realizata efectiv prin montarea in serie a 50 rezistente de 50 Ω si 200 W fiecare. Dupa incalzirea probei de test la o temperatura cuprinsa intre 200 si 300°C aceasta este curatata prin pulverizare cu descarcare luminescenta prin introducerea in camera de depunere a unui gaz (argon, azot) la presiunea de 10 mbar si amorsarea unei descarcari intre anozii 2 si probele 7 aflate la masa, timp de 15 minute. Dupa efectuarea curatirii, intre anozii 3 si catodul incalzit din exterior 1 se aplica tensiune inalta produsa de sursa 8. Anodul din grafit 3 este bombardat cu un fascicul de electroni produs de filamentul 1 si focalizat de cilindrul Wehnelt 2. Se aprinde plasma in vapori puri de carbon in vecinatatea superioara a anodului 3. Pentru accelerarea suplimentara a ionilor pozitivi creati in plasma se aplica o tensiune negativa bias (-100 -1000 V) produsa de sursa de alimentare in curent continuu 10, pe suportul probei test. Ionii din plasma creata, impreuna cu atomii neutri sunt directionati catre proba test 4 unde formeaza stratul antireflex DLC. Viteza de depunere a stratului antireflex este controlata prin ajustarea parametrilor electrici ai arcului termoionice in vid, respectiv tensiunea de lucru, masurata cu un voltmetru digital V si curentul de descarcare, masurat cu un ampermetru. Grosimea stratului depus din fiecare material este masurata in timpul depunerii cu ajutorul unei balante cu cuarzt. Pentru controlul in timp real a concentratiei relative a elementelor care constituie stratul antifirctiune se utilizeaza 3 balante cu cuarzt; 4, 5, 6 in fig.2

Bombardarea stratului in crestere cu ionii elementelor care se depun are ca efect formarea unui compus compozit dens, compact si aderent la substrat. Este astfel posibil ca prin variatia energiei ionilor care sosesc la substrat sa se obtina straturi cu structururi columnare sau straturi compacte, in functie de aplicatii.

In fig 3 se prezinta un grafic care arata cam cum variaza grosimea totala a stratului si a 2 elemente (Ni si Al) in timpul depunerii, prin masurare cu balante de cuarzt.



Din acest grafic se vede ca procentul concentratiilor elementelor Al si Ni in stratul depus ramane constant pe perioada depunerii.

Trebuie sa mentionam aici ca in metoda de depunere utilizata anodul este ridicat la un potential de peste 1000 V fata de catodul pus la masa. Deoarece plasma ce se formeaza apare mai intai langa anod si se extinde in spatiu, dar ramane atasata de acesta, potentialul plasmei creste odata cu potentialul anodului, ramanand tot timpul sub potentialul acestuia la cateva sute de volti. Este nevoie de acest potential accelerator pentru electronii care provind din catodul incalzit pentru ca acestia sa aiba energie suficienta pentru evaporarea anozilor.

Aceasta inseamna ca ionii ce vin din plasma care se afla la cateva sute de volti fata de masa poseda o energie de ordinul sutelor de eV cu care pot bombarda stratul in formare si determina structura columnara sau densa a filmului.

In plus, daca se monteaza probele pe un suport izolat, se poate aplica o tensiune de accelerare (bias) negativa variabila si mai mare pe stratul in formare astfel incat sa se mareasca energia ionilor incidenti pe substrat.

In cazul analizat, "gazul" format din atomii evaporati de metal este concentrat langa anod si se extinde in spatiul inconjurator vidat avand presiunea tot mai scazuta cu cat ne departam de anod.

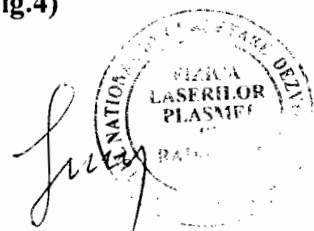
De aceea daca asezam probele in zona cu presiune cat mai scazuta avem dezavantajul ca depunerea se face la viteza mai mica dar acest dezavantaj este compensat si de posibilitatea de a aplica o tensiune negativa cat mai mare pe probe.

Aceasta regiune de presiune scazuta actioneaza ca un izolator electric nepermitand aprinderea plasmei pe probe chiar la negativari mari ale acesteia.

Asa se poate mari domeniul de variatie a morfologiei straturilor, deci a coeficientului de frecare in regim uscat sia rezistentei la uzura a straturilor produse prin aceasta metoda.

Trebuie mentionata absenta gazelor straine in incinta de depunere ceea ce face ca depunerile sa fie mult mai pure, in comparatie cu cele preparate prin alte metode, obtinandu-se in compozitia straturilor antifriciune producerea de carbon amorf nehidrogenat

Coeficientul de frecare masurat cu un tribometru bila-disc (CSM Elvetia) arata reducerea importanta a coeficientului de frecare in regim uscat in cazul cand probele test realizate in otel OLC au fost acoperite cu un strat compozit format din C-Ti-Al (fig.4)



Coeficientul de frecare are valori cuprinse intre 1.5 si 2.5 pe perioada “acomodarii”, alunecarii in regim uscat pe primii 5 m. In continuare, coeficientul de frecare se stabilizeaza in domeniul 5.5 – 6.5.

Duritatea filmelor depuse pe discuri din otel de scule (OLC) de 25 mm in diametru si 3 mm grosime au fost masurate prin microindentare folosind Microdurimetru cu microscop metalografic, AHOTEC F700. Utilizand penetratorul Vickers, straturile C-T-Al au avut duritati in intervalul 150-200 HV<sub>10</sub> masurate utilizand o forta de apasare de 10g si un tmp de penetrare de 15 sec.

### **Exemplul 2:**

Acoperirile antifricțiune sunt foarte utile in domeniul auto pentru a anihila vibratiile si zgomotele produse de frecarea anumitor componente precum balamale, macarale pentru ridicarea geamurilor, etc.

Aceste dispozitive sunt confectionate din metal si sunt in contact cu alte elemente metalica sau din plastic. In acest caz se deschide posibilitatea ca straturile cu coeficient de frecare scazuta in regim uscat sa fie puse pe piesele metalice astfel incat sa nu apara vibratii sau zgomote si deci sa aiba o performanta mecanica mai buna.

In particular pentru straturile de tip C-Ti cu dopanti metalici obtinute cu metoda TVA este posibil sa se realizeze straturi cu reproductibilitate buna filme avand un coefficient de frecare intre 1.5 si 3.0 doar prin variatia energiei ionilor sau radicalilor ce vin din plasma.

**Fig. 5** prezinta pentru edificare coeficientul de frecare a unui strat din C-Ti cu dopant Ag. S-a realizat un strat care prezinta un coeficient de frecare intre 2.2 si 2.6 pe o distanta de alunecare de 30 m. Dupa parcurgerea acestei distante, coeficientul de frecare s-a stabilizat in domeniul 0.26 -0.55

Duritatea acestor straturi a fost in domeniul 200-250 HV<sub>10</sub>.

Aceste caracteristici fac din aceste straturi sa fie rezistente la actiunile mecanice, sa asigure o frecare scazuta a pieselor in miscare relativa.

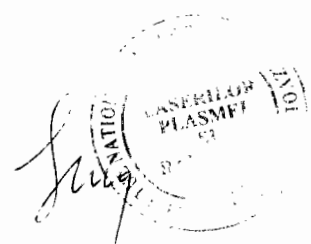
In afara de aceste avantaje acoperirile cu straturi carbonice amorfe determina ca suprafetele dispozitivelor acoperite cu ele sa fie mai rezistente la actiunea corodanta a agentilor chimici din industrie.

### **Concluzii**



7

Din punct de vedere tehnic, metoda propusă va conduce la realizarea de straturi pe baza de carbon-titan cu adausri de aluminiu sau argint cu viteze de depunere de ordinul a 0.1-5 nm/sec. Deoarece se vor folosi catozi din wolfram și curenți de descărcare relativ mici, pulverizarea prin bombardament cu ioni va fi mult mai mică decât în celelalte tehnologii și nu va impurifica depunerea. Materialul de depunere se va evapora datorită bombardamentului cu electroni și nu cu ioni precum în cazul pulverizărilor obișnuite, ceea ce coroborat cu înalta energie existentă în plasmă, va evita formarea de aglomerări atomice (clusteri) care să înrăutățească calitatea depunerilor. Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui strat relativ dur antifricțiune care sa reduca uzura si vibratiile elementelor mecanice aflate in miscare si sa imbunatateasca eficienta ansamblurilor mecanice, prin reducerea consumului de combustibil. Prezenta legaturilor sp<sup>3</sup>, ca si component principal al stratului de carbon amorf confera componentelor optice rezistenta la oboseala, rezistenta la uzura si proprietatea de strat antifricțiune in combinatie cu titanul, aluminiul si respectiv argintul.



NATIONAL INSTITUTE FOR LASER PLASMA AND IONICS

## **Straturi antifricțiune ternare de tip C-Ti-Me (Me: Ag, Al) și metoda de depunere**

### **Revendicari**

1. Strat antifricțiune (cu coeficient de frecare scăzut în regim uscat) și procedeu de preparare pentru aplicare pe elemente mecanice din metale sau aliaje metalice pentru minimizarea coeficientului de frecare în regim uscat în scopul îmbunătățirii rezistenței la oboseală și a rezistenței la uzură a acestora, caracterizat prin aceea că este format dintr-un amestec de carbon-titan cu adăus de aluminiu sau argint. Coeficientul de frecare în regim uscat este în domeniul 1.5-2.5 pentru amestecul C-Ti-Al și 2-3.5 C-Ti-Ag, iar duritatea este în domeniul 150-250 HV<sub>10</sub>

Este cunoscut faptul că atunci când suprafața elementelor mecanice în mișcare (lagare, cuzinetai, etc) este deteriorată, capacitatea de alunecare este afectată, întrucât piesele în mișcare se încălzesc local elementele mecanice se deformează și întreg ansamblul mecanic se deteriorează.

2. Procedeu de preparare a stratului antifricțiune, pentru aplicare pe elemente mecanice în mișcare reciprocă cu depunerea stratului prin arc procedeu arc termoionic în vid și constă în:

(1) Curățarea și pregătirea probelor utilizând nisă de chimie cu ventilație, materiale textile, solvenți organici (acetona, etanol)

- Se îndepărtează orice pată de grăsime sau impurități de pe suprafețele probelor care vor fi depuse.

(2) Încărcarea probelor pe suportul pentru probe, utilizând mănuși din polietilenă

- Probele sunt montate pe suportul pentru probe și sunt instalate în camera de depunere.



(3) Evacuare si degazare, utilizand echipamentul TVA (camera de depuneri cu sistem de vidare)

- Se videaza camera de depuneri pana cand nivelul de vid atinge  $5 \cdot 10^{-5}$  torr;

(4) Depunerea simultana de carbon, titan si Me (Al sau Ag), utilizand echipamentul de depunere TVA si materiale de depunere: bara din grafit, bara din titan si granulele din Al sau Ag puse in creuzete din  $TiB_2$  :

- Se porneste incalzirea filamentelor catozilor folosind curent mare (30-60A), tensiune mica (0-24V);
- Se aplica tensiuni pozitive ridicate (0-5kV) pe anodi;
- Se asteapta pana cand curentul de descarcare creste pana la o valoare determinata ( intre 1.0 si 1.6A); tensiunea pe anod scade pana la 1.0-1.8kV dupa aprinderea plasmei in vapori de carbon.
- Se continua depunerea pana cand se obtine grosimea dorita;

(5) Oprirea procesului de depunere, utilizand echipamentul TVA:

- Se opreste alimentarea sistemului de vidare
- Se introduce aer in camera de depunere si se scot probele.

(6) Impachetarea probelor marcate, utilizand cutii de ambalaj din polietilena:

- Dupa indepartarea din camera de depunere, probele se ambaleaza in cutii speciale din polietilena.



### DESENE

Aliaje nanostructurate din beriliu-carbon, beriliu-wolfram si metoda de obtinere

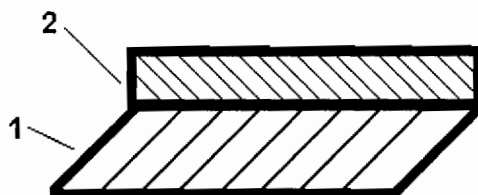


Fig.1 Schema de realizare a stratului antifirctiune. 1 Substrat din otel de scule (OLC), 2. Strat antifirctiune

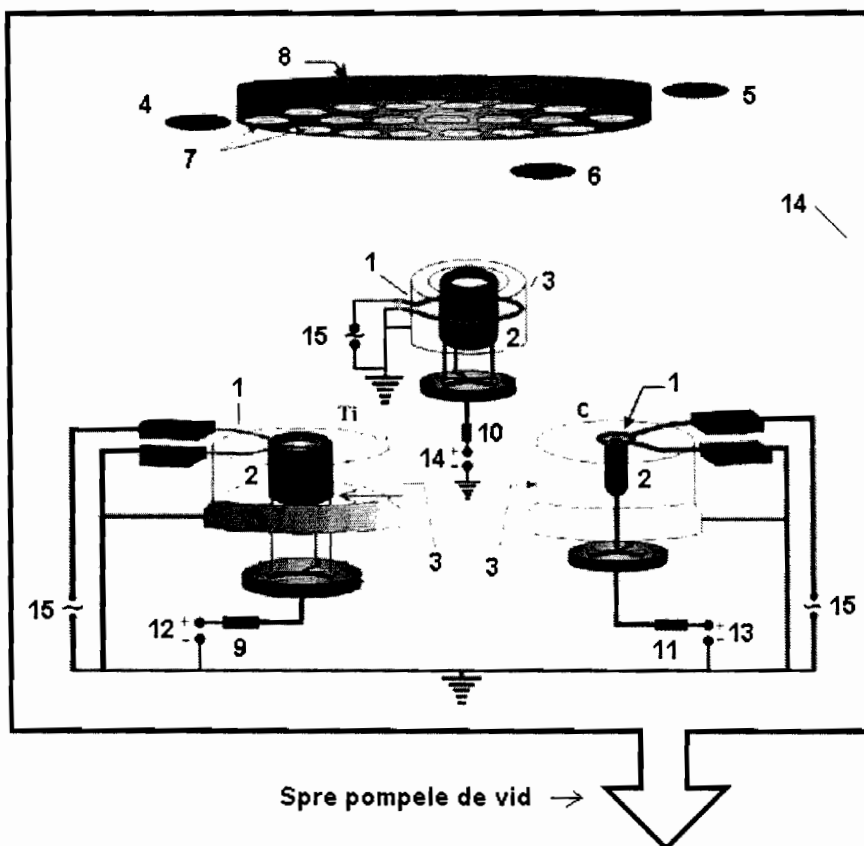


Fig. 2 Schema de depunere utilizand arcu termoionic in vid Catozi (1), anodi (2), cilindri de focalizare a electronilor (3), balante de cuarț (4, 5, 6), proba de test (7), suportul probelor de test (8), rezistente de balast (9, 10, 11), surse de alimentare in curent continuu de inalta tensiune(0-5000 V), curent 0-2 A) (12, 13, 14), surse de curent





continuu de jopasa tensiune (0-24 V) si curent mare (0-120 A) (15), incinta vidata (16), sistem de vidare (17).

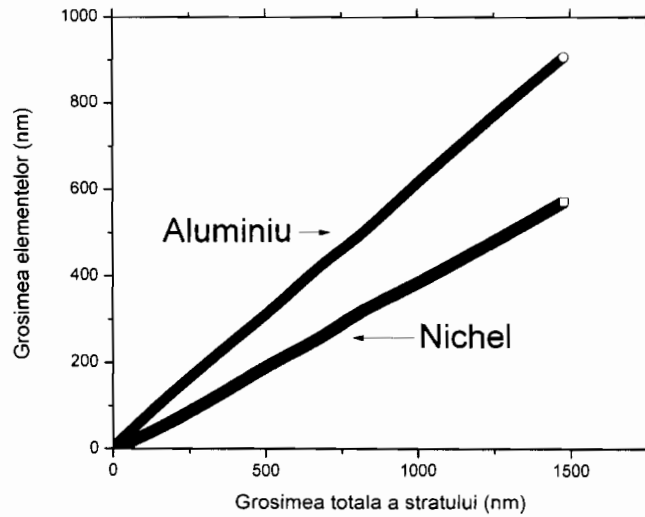


Fig.3 Evolutia concentratiilor relative de Al si Ni in procesul de depunere.

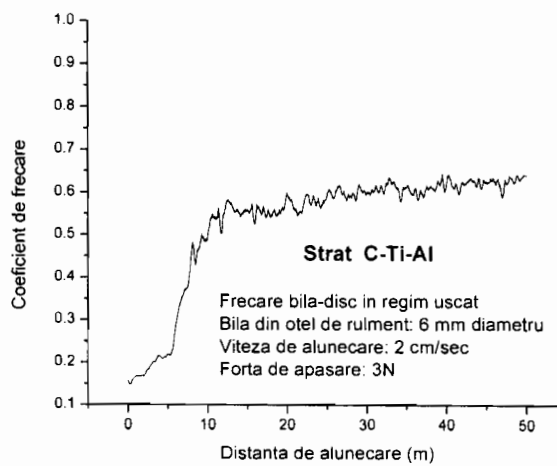


Fig.4 Coeficientul de frecare al unui strat C-Ti-Al testat in regim de frecare uscata.



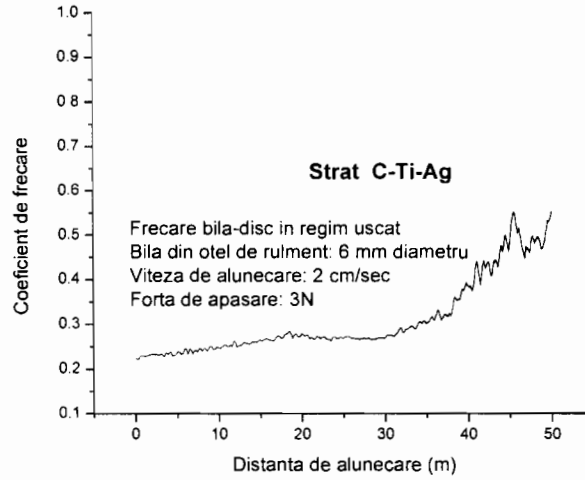


Fig. 5 Coeficientul de frecare al unui strat C-Ti-Ag testat in regim de frecare uscata.

*Group*

INSTITUTUL NAȚIONAL DE FRECARE ȘI DEZILATAȚIE  
CĂMINUL DE RESEARCH  
DE ALUMINIU  
ȘI  
MATERIALE