



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00623**

(22) Data de depozit: **30.06.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.12.2014** BOPI nr. **12/2014**

(41) Data publicării cererii:
29.11.2012 BOPI nr. **11/2012**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI
INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA
HULUBEI", STR.REACTORULUI NR.30,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **MATEESCU GHEORGHE,**
*STR.NUȘOARA NR.6, BL.42, SC.E, ET.1,
AP.70, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;*
• **MATEESCU ALICE-ORTANSA,**
*STR.ION MIHALACHE NR.187, BL.4, ET.6,
AP.28, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**JP 2006322034 (A); US 5332422 A;
RO 128144 A2**

(54) **COMPUS LUBRIFIANT ȘI ANTIUZURĂ DIN BISULFURĂ DE
WOLFRAM, CARBON ȘI METAL**



RO 127963 B1

1 Inventția se referă la un compus lubrifiant și antiuzură pe bază de bisulfură de
wolfram, de acoperire a unui substrat metalic, obținut prin pulverizare în sistem magnetron
3 standard sau pulverizare în sistem magnetron ionizată.

5 Frecarea este problema esențială a tuturor sistemelor mecanice, care provoacă prin
uzură zgomote și încălzire exagerată, distrugerea înainte de termen a acestora. Frecarea
7 este o măsură a forței care se opune mișcării în contact a două materiale/obiecte, și este
redată prin coeficientul de frecare, ce reprezintă raportul dintre forța tangențială de punere
9 în mișcare a unui obiect și sarcina normală pe care acesta o exercită asupra obiectului în
contact.

11 În realitate, coeficientul de frecare este un parametru dependent de sistem, ce este
puternic influențat de: natura materialelor, rugozitatea, aderența moleculară și efectele de
deformare a suprafețelor aflate în contact; mediul în care se află obiectele (aerul ambiental,
13 vacuum, mediu special) și parametrii acestuia (compoziție, presiune, umiditate, temperatură).

15 Practica arată că există un coeficient de frecare static, ce apare la punerea în
mișcare a obiectului, și un coeficient de frecare dinamic (mult mai mic decât cel static), ce
apare atunci când cel puțin unul dintre obiectele aflate în contact se găsește în mișcare. Tot
17 practica a demonstrat că, atunci când suprafața materialului obiectului de contact se durifică,
coeficientul de frecare se reduce. În baza acestui fapt, în cadrul invenției, pentru creșterea
19 durității acoperirii lubrifiante, se utilizează întotdeauna ca prim strat compusul WS_2 + Metal,
cu concentrație descrescătoare a conținutului de metal.

21 Spre exemplificare, conform studiilor efectuate recent, coeficientul de frecare pentru:

- 23 - fier-fier, în aer uscat este: 1,00 static;
- fier-fier, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,15...0,2;
- 25 - oțel-oțel, în aer uscat, cu suprafețe curate este: 0,78 static și 0,42 dinamic;
- oțel-oțel, în aer uscat, cu suprafețe oxidate este: 0,27 static;
- 27 - oțel-oțel, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,05...0,11 static;
- oțel-grafit, în aer uscat este: 0,1 static;
- oțel dur-grafit, în aer uscat este: 0,09 static;
- 29 - oțel-grafit, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,1 static;
- oțel-bronz, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,16 static;
- 31 - oțel-carbură de wolfram, în aer uscat este: 0,4...0,6 static;
- oțel-carbură de wolfram, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,08...0,2 dinamic;
- 33 - oțel-teflon, în aer uscat este: 0,04 static.

35 Soluția radicală de reducere a frecării o constituie utilizarea lubrifianților uscați de top
(cu: coeficient de frecare în aer față de oțel = $CF < 0,1-0,4$; rezistență chimică și termică
bună), ce permit funcționarea fără lubrifiant lichid, din care fac parte:

37 - teflonul (politetrafluoretilenă) ca marca comercială DuPont - cu coeficientul de
frecare de 0,05...0,08 și temperatura maximă de lucru de 288°C;

39 - compușii metalelor tranziționale din grupa a 6-a a tabelului periodic al elementelor
(Mo/W), cu materialele din grupa a 16-a a tabelului periodic (denumite "chalcogenide"),
41 precum: sulfurul - S; seleniul - Se și telurul - Te, cu formula generală: MX_2 (Me = Mo/W și X =
S/Se/Te). Cele mai cunoscute și mai utilizate materiale lubrifiante uscate din această
43 categorie sunt bisulfura de molibden (MoS_2) - cu $CF = 0,06$ static și 0,15 dinamic, și bisulfura
de wolfram (WS_2), cu $CF = 0,03$ static și 0,07 dinamic;

45 - grafitul sau carbonul de tip diamant (Diamond Like Carbon-DLC), de tipul: a-C
(carbon amorf); a-C:H (carbon amorf hidrogenat); ta-C (carbon amorf tetraedal) sau ta-C:H
47 (carbon amorf hidrogenat, tetraedal), cu $CF = 0,01...0,1/0,5$;

49 - carburile și nitruurile metalelor tranziționale precum: TiN, cu $CF = 0,4$; TiCN, cu CF
= 0,3; TiAlN, cu $CF = 0,35$; CrN, cu $CF = 0,45$.

RO 127963 B1

În documentul **JP 2006322034 (A)** se prezintă un compus lubrifiant și o metodă de acoperire a unui obiect cu un material cu proprietăți lubrifiante de depunere prin descărcare electrică, format din amestecul componentelor chimici ai unui electrod de descărcare pulsatorie, care include un material lubrifiant, tip MoS_2 , WS_2 , NbS_2 , MoSeS_2 , WSeS_2 , NbSeS_2 , hBN, grafit, grafit fluorurat, în proporție de 2...40%, și un material metalic selectat dintre: Mo, W, Ti, Fe, aliaj de Mo, aliaj de W, aliaj de Ti, aliaj de Fe sau similare, ce reacționează ușor cu carbonul, iar în documentul **US 5332422 A** se prezintă un compus lubrifiant de acoperire a unui substrat metalic prin pulverizarea unui amestec de pulbere format din minimum doi dintre componentii: WS_2 , grafit, MoS_2 , BN, CaF_2 , NaF_2 , LiF și particule fuzibile de oțel cu Cr, Mn și Ni, (descriere p. 2 + revendicări 1...5).

De asemenea, în documentul **RO 2011-00603** se prezintă o metodă de acoperire în vid a pieselor metalice cu straturi subțiri lubrifiante și antiuzură, din minimum două materiale lubrifiante uscate, dintre care primul poate fi bisulfura de W (WS_2), prin realizarea cu metoda PVD sau IPVD de compuși și straturi de acoperire tip monostrat sau tip multistrat, în particular - tip 'superlattice structure', cu componentii lubrifiante din WS_2 și hBN sau MoS_2 , prin pulverizare simultană în sistem magnetron a minimum două ținte conținând compușii chimici de depus.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea unei acoperiri lubrifiante pe un substrat metalic, care să conțină carbon, WS_2 și un metal aderent la substratul metalic, cu o structură care să permită o bună aderență la substrat a lubrifiantului.

Compusul lubrifiant și antiuzură pe bază de bisulfură de wolfram, conform invenției, de acoperire a unui substrat metalic, conținând carbon, un metal aderent la un substrat metalic și un material lubrifiant tip WS_2 , rezolvă această problemă tehnică prin aceea că, față de compușii similari cunoscuți, are grosimea totală mai mare de 0,5 μm și are variația pe direcția grosimii a procentului de carbon de la 1 la 99%, iar procentul de metal: Ti, Cr, Mo, Al etc. variază de la 99 la 1% pe direcția grosimii, în mod liniar sau în alt mod prestabilit.

În particular, compusul conform invenției este de tip multistrat cu structură 'superlattice', formată din repetarea periodică a unei structuri cu straturi intermediare $\text{WS}_2 + \text{C} + \text{Metal}$ nanometrice, de 2...10 nm grosime, cu variația pe direcția grosimii a proporției carbonului component de la 1 la 99% și a metalului component de la 99 la 1%, liniară și periodică, alternând cu straturi tip $\text{WS}_2 + \text{C}$ și $\text{WS}_2 + \text{Metal}$ nanometrice, de 2...10 nm grosime, cu variația liniară pe direcția grosimii a proporției carbonului component și, respectiv, a metalului component, în intervalul de la 99 la 1%.

Compusul lubrifiant și antiuzură conform invenției prezintă avantajul că permite obținerea unei acoperiri lubrifiante pe o piesă metalică având o bună aderență la substrat a lubrifiantului component. Alte avantaje ale invenției sunt următoarele:

- posibilitatea acoperirii cu o bună aderență a tuturor materialelor metalice de interes, cu asigurarea unui coeficient de frecare ultrascăzut (sub 0,03);
- depunerea compusului sub formă de pelicule cu grosimea și de peste 0,5 μm , ce nu ridică probleme de toleranță pentru piesele de precizie;
- domeniu funcțional larg de temperatură suportat;
- reducerea influenței creșterii umidității mediului asupra coeficientului de frecare.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figura ce reprezintă variația coeficientului de frecare cu presiunea, pentru lubrifiantii uscați de top.

Conform invenției, compusul lubrifiant și antiuzură pe bază de bisulfură de wolfram, de acoperire a unui substrat metalic, conținând carbon și un metal aderent la substrat, este obținut prin depunere în sistem magnetron, și se caracterizează prin faptul că are grosimea totală mai mare de 0,5 μm și variația pe direcția grosimii a procentului de carbon de la 1 la

RO 127963 B1

1 99%, iar procentul de metal: Ti, Cr, Mo, Al etc. variază de la 99 la 1% pe direcția grosimii,
în mod liniar sau în alt mod prestabilit. În particular, compusul conform invenției este de tip
3 multistrat cu structură 'superlattice' formată din repetarea periodică a unei structuri cu straturi
intermediare $WS_2 + C + \text{Metal}$ nanometrice, de 2...10 nm grosime, cu variația pe direcția
5 grosimii a proporției carbonului component de la 1 la 99% și a metalului component de la 99
la 1%, liniară și periodică, alternând cu straturi tip $WS_2 + C$ și $WS_2 + \text{Metal}$ nanometrice, de
7 2...10 nm grosime, cu variația liniară pe direcția grosimii a proporției carbonului component
și, respectiv, a metalului component în intervalul de la 99 la 1%.

9 Compusul lubrifiant rezultă ca sumă de straturi subțiri lubrifiante și antiuzură uscate,
realizate prin metode tip PVD: 'Physical Vapor Deposition' (Pulverizare Magnetron Standard),
11 sau 'Ionised PVD' (Pulverizare Magnetron Ionizată), dintr-un material nou, compus din
bisulfură de wolfram, metal și carbon ($WS_2 + \text{Metal} + \text{Carbon}$), cu proprietăți lubrifiante și
13 antiuzură îmbunătățite (ce cumulează calitățile constituenților), folosind pulverizarea
simultană a bisulfurii de wolfram, a unui metal (de exemplu: Ti, Mo, Cr, Al etc.) și a
15 carbonului/grafitului, din trei ținte de pulverizare independente, dispuse pe trei dispozitive de
pulverizare de tip magnetron.

17 Bisulfura de wolfram (WS_2), cu proprietăți lubrifiante ușor superioare bisulfurii de
molibden (MoS_2 , larg utilizat industrial), este astăzi materialul cu cel mai scăzut coeficient de
19 frecare ($CF=0,03$, în stare dinamică), atât în condiții normale de mediu, cât și în vid, și a fost
utilizată la început de către NASA, ca lubrifiant pentru sonda spațială Mariner în spațiul
21 cosmic, unde vidul înaintat și temperatura creează condiții inacceptabile pentru lubrifianții
convenționali.

23 Bisulfura de wolfram (cunoscută ca strat subțire, cu denumirea comercială de
Dicronite DL-5) ce face parte din categoria 'Transitional Metal Dichalcogenides' (TMD),
25 alături de bisulfura de molibden (MoS_2 - studiat îndelung și larg utilizat), de teflon și de grafit
(ce constituie lubrifianții uscați de top, și care au un coeficient de frecare cu puțin mai mare
27 decât al WS_2 , la sarcini ridicate - fig. 1), este folosită astăzi, în special, în industria auto și
aerospațială, sub formă de strat subțire singular, ca lubrifiant uscat, cu rol permanent, depus
29 din pulberi nanometrice prin diverse metode.

Termenul de "permanent" indică faptul că acești lubrifianți aderă la suprafața de
31 protejat (fiind "lipiți" de aceasta) prin legături chimice (Van der Waals, covalente, metalice
etc.). Pentru "lipirea" materialului lubrifiant uscat, precum WS_2 sau MoS_2 (sub formă de
33 pulbere nanometrică) de piesa de protejat, s-au dezvoltat diferite procedee:

- 35 - acoperirea prin sprayerea cu aer (Spray Blasting);
- acoperirea prin lustruirea cu pastă de alcool și pulbere nanometrică de WS_2/MoS_2 ;
- acoperirea cu pulbere, prin vibrație.

37 În brevetele **US 3.632.368** și **3.644.133** este descrisă o metodă pentru "lipirea"
permanentă a pulberii de WS_2 de piesa metalică, ce se bazează pe tehnica lipirii prin
39 presare. Prin procedeele clasice de "lipire" a WS_2 (sub formă de pulbere sau de soluție
coloidală) pe suprafața piesei de acoperit, se pot realiza grosimi de maximum 0,5 μm .

41 Singurul material uscat foarte studiat și bine cunoscut, și cu o largă utilizare
industrială este MoS_2 . Dezavantajul esențial al peliculelor de MoS_2 îl constituie reducerea
43 calităților lubrifiante din cauza umidității. O îmbunătățire a rezistenței la umiditate, dar și o
creștere a aderenței s-au obținut prin adăugarea în pelicula de MoS_2 a unui material dopant
45 (a se vedea brevet **GB 9514773.2**).

Dezavantajul unor lubrifianți uscați (precum teflonul sau grafitul) îl constituie faptul
47 că aceștia sunt "soft" și au o aderență mai scăzută pe piesele metalice, iar la presiuni/sarcini
mari migrează de pe suprafața acoperită și, din această cauză, sunt mai puțin utilizați
49 industrial.

RO 127963 B1

Lubrifiantii uscați au o structură lamelară (de tipul grafitului) și au fost inițial utilizați sub formă de pulbere, sau în combinație cu lubrifiantii lichizi. Astăzi lubrifiantii uscați se folosesc în industria auto și în industria aerospațială, sub formă de straturi subțiri, depuse prin sprayere, dar și prin metode tip PVD (Physical Vapor Deposition) sau CVD (Chemical Vapor Deposition).

Pulverizarea de tip magnetron este metoda cea mai potrivită pentru depunerea simultană, în concentrațiile dorite și cu o aderență la substrat a lubrifiantilor uscați (precum: WS_2 , MoS_2 , PTFE, Grafit), mai bună decât în cazul acoperirilor clasice, din pulbere nanometrică.

Pulverizarea magnetron cu ionizare (Ionised Magnetron Sputtering) este o metodă nouă de pulverizare magnetron, ce utilizează, pentru producerea materialului ionizat, un magnetron clasic (Catod de pulverizare Penning) și o sursă de putere în impuls (High Power Impulse Magnetron Sputtering) și, datorită gradului foarte înalt de ionizare al materialului de depunere (peste 90%), asigură, față de pulverizarea magnetron standard, realizarea de pelicule dense (fără porozitate) și cu aderență îmbunătățită la substrat.

Avantajele esențiale ale utilizării WS_2 ca material lubrifiant uscat de acoperire sunt:

- posibilitatea acoperirii cu o bună aderență a tuturor materialelor metalice de interes;
- asigurarea unui coeficient de frecare ultrascăzut ($CF = 0,03$);
- depunerea sub formă de pelicule cu grosimea maxima de $0,5 \mu m$, care nu ridică probleme de toleranță pentru piesele de precizie;
- domeniu funcțional larg de temperatură suportat: de la $-188^\circ C$ până la $1316^\circ C$.

Dezavantajele esențiale ale utilizării WS_2 ca material lubrifiant de acoperire sunt:

- duritatea, deși este mai ridicată decât la celelalte materiale lubrifiante uscate, permițând sarcini de până la 300.000 psi , îi limitează totuși utilizarea pentru sarcini mai mari;
- coeficientul de frecare, deși este cel mai scăzut dintre materialele cunoscute astăzi (fig. 1), este totuși influențat de condițiile de mediu și, în special, de umiditate;
- aderența la toate metalele de interes tehnic, precum și rezistența la oxidare termică, deși sunt considerate ridicate, acestea pot fi totuși îmbunătățite, așa cum este dovedit și în cazul acoperirilor în vid cu produsul comercial MoST ($MoS_2 + \text{Metal}$), brevetat de compania Teer Cotings Ltd (brevet **GB 9514773.2**, din 19.07.1995 - *Methods for Deposition of Molybdenum Sulphide*).

Potrivit invenției, metalul din noul compus pe bază de bisulfură de wolfram are rol de dopant, cu diverse concentrații (0...100%), și acționează asupra materialului de bază (WS_2) pentru:

- îmbunătățirea aderenței la substrat;
- creșterea durității peliculei și, prin urmare, sarcini mai mari;
- rezistență îmbunătățită la oxidare la temperaturi înalte;
- reducerea influenței creșterii umidității asupra creșterii coeficientului de frecare;
- densificarea stratului depus, cu eliminarea porozității;
- rezistență la uzură îmbunătățită și, prin urmare, și durată de viață mai mare;
- nu afectează lipsa de toxicitate a produsului de bază.

Este cunoscut faptul că, în anumite lucrări științifice, s-au raportat pelicule din DLC (Diamond Like Carbon) cu coeficient de frecare (CF) foarte scăzut (de $0,01$), dar CF al DLC este puternic influențat de raportul legăturilor chimice sp^3/sp^2 din compoziția peliculei depuse și, din această cauză, în multe cazuri practice CF ajunge până la $0,5$.

Dezavantajul esențial al peliculelor de DLC îl constituie aderența scăzută la substraturile metalice și transformarea termică în grafit a DLC la temperaturi relativ scăzute (trecerea la forma mai stabilă de grafit cu legături chimice sp^2 , la temperaturi mai mari de $250^\circ C$). Prin dozarea corespunzătoare a concentrației de C, în funcție de sarcina de lucru, se pot obține pelicule cu $CF < 0,03$.

RO 127963 B1

- 1 Potrivit invenției, carbonul din noul compus (WS_2 + Metal + Carbon) acționează
asupra WS_2 , pentru:
- 3 - reducerea influenței creșterii umidității mediului asupra creșterii coeficientului de
frecare;
- 5 - reducerea coeficientului de frecare al stratului final WS_2 + Carbon.
- 7 Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenției, pentru acoperirea multistrat cu
structură "superlattice" (grosime straturilor intermediare: între 2 și 10 nm), cu straturi subțiri
lubrifiante și rezistente la uzură, pe bază de WS_2 + Ti + C, folosind copulverizarea magnetron
9 standard sau în impuls de mare putere, din trei ținte de pulverizare magnetron, realizate din
 WS_2 , Ti și grafit (C).
- 11 Compusul conform acestui exemplu este realizat din:
- 13 - strat de aderență la substrat din titan, cu grosimea de 5...10 nm;
 - 13 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 5%; Ti - 95% și grosime de 5...10 nm;
 - 15 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 10%; Ti - 90% și grosime de 5...10 nm;
 - 15 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 15%; Ti - 85% și grosime de 5...10 nm;
 - 17 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 20%; Ti - 80% și grosime de 5...10 nm;
 - 17 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 25%; Ti - 75% și grosime de 5...10 nm;
 - 19 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 30%; Ti - 70% și grosime de 5...10 nm;
 - 19 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 35%; Ti - 65% și grosime de 5...10 nm;
 - 21 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 40%; Ti - 60% și grosime de 5...10 nm;
 - 21 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 45%; Ti - 55% și grosime de 5...10 nm;
 - 23 - strat intermediar din WS_2 +Ti, cu: WS_2 - 50%; Ti - 50% și grosime de 5...10 nm;
 - 23 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C, cu: WS_2 - 50%; Ti - 45%; C-5% și grosime de
5...10 nm;
 - 25 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C, cu: WS_2 - 50%; Ti - 40%; C - 10% și grosime de
5...10 nm;
 - 27 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 35%; C - 15% și grosime de
5...10 nm;
 - 29 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 30%; C - 20% și grosime de
5...10 nm;
 - 31 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 25%; C - 25% și grosime de
5...10 nm;
 - 33 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 20%; C - 30% și grosime de
5...10 nm;
 - 35 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 15%; C - 35% și grosime de
5...10 nm;
 - 37 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C cu: WS_2 - 50%; Ti - 10%; C - 40% și grosime de
5...10 nm;
 - 39 - strat intermediar din WS_2 +Ti+C, cu: WS_2 - 50%; Ti - 5%; C - 45% și grosime de
5...10 nm;
 - 41 - strat intermediar din WS_2 +C, cu: WS_2 - 50%; C - 50% și grosime de 5...10 nm;
 - 41 - strat intermediar din WS_2 +C, cu: WS_2 - 45%; C - 55% și grosime de 5...10 nm;
 - 43 - strat intermediar din WS_2 +C, cu: WS_2 - 40%; C - 60% și grosime de 5...10 nm;
 - 43 - strat intermediar din WS_2 +C, cu: WS_2 - 35%; C - 63% și grosime de 5...10 nm;
 - 45 - strat final din WS_2 +C, cu: WS_2 - 30%; C - 70% și grosime de 5...10 nm.
- 47 Straturile intermediare (2...24) se pot repeta pentru a se asigura grosimi totale mai
mari.

RO 127963 B1

Revendicări

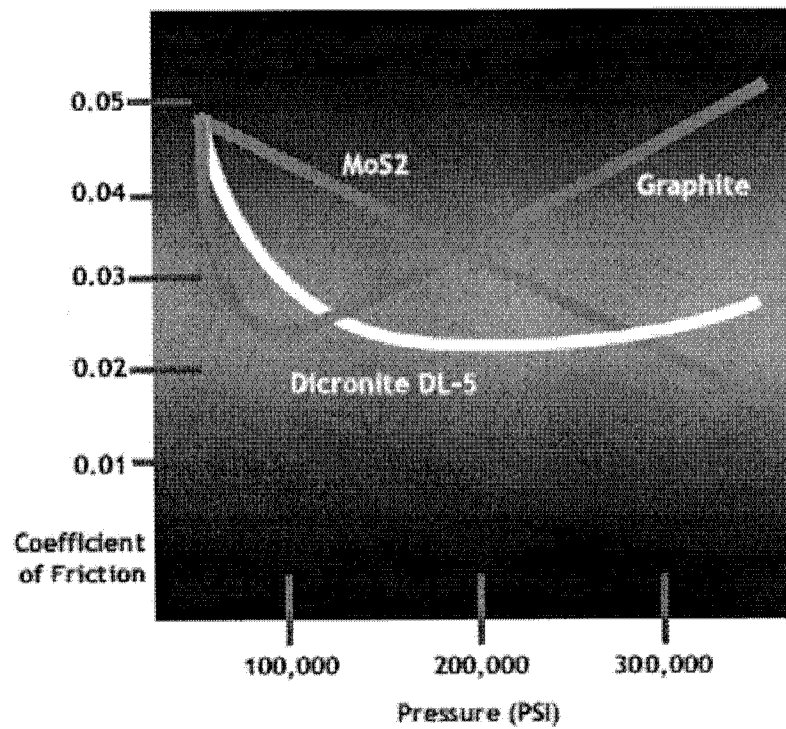
1. Compus lubrifiant și antiuzură, pe bază de bisulfură de wolfram, de acoperire a unui substrat metalic, conținând carbon și un metal aderent la substrat, obținut prin depunere în sistem magnetron, **caracterizat prin aceea că** procentul de carbon al compusului lubrifiant de acoperire variază de la 1 la 99% pe direcția grosimii, iar procentul de metal: Ti, Cr, Mo, Al etc. variază de la 99 la 1% pe direcția grosimii, în mod liniar sau în alt mod prestabilit. 3 5 7
2. Compus lubrifiant, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are grosimea totală mai mare de 0,5 μm și variația pe direcția grosimii a proporției carbonului component și a metalului component liniară, cu valori în intervalul de la 1 la 99%. 9 11
3. Compus lubrifiant, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** este de tip multistrat, cu grosimea totală mai mare de 0,5 μm și cu variația pe direcția grosimii a proporției carbonului component prestabilită, cu compoziții și grosimi diferite, prestabilite. 13
4. Compus lubrifiant, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că** este de tip multistrat cu structură "superlattice" formată din repetarea periodică a unei structuri cu straturi intermediare $\text{WS}_2 + \text{C} + \text{Metal}$ nanometrice, de 2...10 nm grosime, cu variația pe direcția grosimii a proporției carbonului component de la 1 la 99%, și a metalului component de la 99 la 1%, liniară și periodică, alternând cu straturi tip $\text{WS}_2 + \text{C}$ și $\text{WS}_2 + \text{Metal}$ nanometrice, de 2...10 nm grosime, cu variația liniară pe direcția grosimii a proporției carbonului component și, respectiv, a metalului component în intervalul de la 99 la 1%. 15 17 19 21

(51) Int.Cl.

C23C 14/35 (2006.01),

C23C 26/00 (2006.01),

C23C 22/77 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 841/2014