



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2011 00603**

(22) Data de depozit: **27.06.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.06.2014** BOPI nr. **6/2014**

(41) Data publicării cererii:  
**28.02.2013** BOPI nr. **2/2013**

(73) Titular:  
• **AEG PROGRESIV S.R.L.**,  
*STR.NUȚȘOARA NR.6, BL.42, SC.E, ET.1,*  
*AP.70, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO*

(72) Inventatori:  
• **MATEESCU GHEORGHE**,  
*STR.NUȚȘOARA 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 2002161371 (A); US 6423419 B1;**  
**JPS 58164785 (A)**

(54) **METODĂ DE ACOPERIRE ÎN VID A PIESELOR METALICE  
CU STRATURI SUBȚIRI LUBRIFIANTE**



# RO 128144 B1

1 Inventția se referă la o metodă de acoperire, în vid, a pieselor metalice, cu straturi  
subțiri, lubrifiante, conținând bisulfură de W sau Mo și nitrură de bor.

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

9 În realitate, coeficientul de frecare este un parametru dependent de sistem, ce este  
puternic influențat de: natura materialelor, rugozitate, aderența moleculară și de efectele de  
11 deformare a suprafețelor aflate în contact, de mediul în care se află obiectele (aerul ambien-  
tal, vacuum, mediu special) și de parametrii acestuia (compoziție, presiune, umiditate, tem-  
peratură etc.).

13 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  
15 apare atunci când cel puțin unul dintre obiectele aflate în contact se găsește în mișcare. Tot  
practica a demonstrat că atunci când suprafața materialului obiectului de contact se durifică,  
17 coeficientul de frecare se reduce. În baza acestui fapt, în cadrul invenției, se utilizează  
întotdeauna, ca prim strat al acoperirilor lubrifiante, nitrura de bor (eventual cu un metal de  
19 adaos), ce acoperă o gamă foarte largă a scării de duritate (2...10 pe scara Mohs).

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

- 21 - fier-fier, în aer uscat, este: 1,00, static;  
- fier-fier, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină), este: 0,15...0,2;  
23 - 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;  
25 - oțel-oțel, cu lubrifiant fluid (ulei/vaselină) este: 0,05...0,11, static și 0,029...0,12,  
dinamic;  
27 - 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.

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

37 - teflonul (poli-tetra-fluor-etilena), ca marcă comercială DuPont, cu coeficientul de  
frecare de 0,05...0,08 și temperatura maximă de lucru de 288°C;

39 - compușii metalelor tranzitionale 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 tetraedral) sau ta-C:H  
47 (carbon amorf hidrogenat, tetraedral), cu  $CF = 0,01...0,1/0,5$ ;

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

# RO 128144 B1

Nitrura de bor hexagonală (hBN), cunoscută sub denumirea de "grafit alb", are: o structură cristalină similară grafitului, un un coeficient de frecare în aer de 0,15...0,7, o stabilitate ridicată la temperatură (până la 1000°C, în aer, 1400°C, în vid și 1800°C, în atmosferă inertă) și o duritate Mohs 2, cu ceva mai mare decât cea a MoS<sub>2</sub> sau WS<sub>2</sub>. Nitrura de bor cu structură cubică (cBN) are o duritate Mohs foarte mare (9,5...10) și un coeficient de frecare în aer de 0,35. Nitrura de bor hexagonală (hBN), sub formă de pulbere nanometrică, este utilizată, în prezent, pentru acoperirea, cu straturi subțiri, dure și lubrifiante, a gloanțelor și a țevelor pentru armament.

În documentul **JP 2002161371 A**, se prezintă o metodă de formare a unei acoperiri lubrifiante pe un substrat metalic, prin depunere prin spray-ere, cu un jet de amestec de particule, constând din particule de metal ușor fuzibil și particule de lubrifiant solid precum: MoS<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub>, BN, fluororășină (PTFE) sau amestec ale acestora, iar în documentul **US 6423419 B1**, se prezintă o metodă de acoperire, în vid, a unui substrat metalic cu un compus: MoS<sub>2</sub> +Ti, prin rotirea substratului și pulverizarea, în sistem magnetron (PVD, IPVD), a două ținte, una de Ti și una de MoS<sub>2</sub> sau cu straturi de TiN + MoS<sub>2</sub>, cu o grosime totală de la 0,1 la 10 μm, prin pulverizare în sistem magnetron, în atmosferă de azot, în diverse combinații de multistraturi: MoS<sub>2</sub>/TiN/(MoS<sub>2</sub> + TiN). De asemenea, documentul **JPS 58164785 A** prezintă o pulbere compozită de formare a unei acoperiri lubrifiante pe un substrat metalic, prin pulverizare, compusă dintr-unul sau mai mulți dintre componenții: MoS<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub>, grafit și BN și o carbură sau/și nitrură metalică.

Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în prevederea unor elemente tehnice de metodă de depunere succesivă, pe suprafața unei piese metalice, a unui strat de nitrură de bor (BN) și a unui strat de bisulfură de W sau de Mo, cu proprietăți lubrifiante, astfel încât să se asigure o bună aderență a acoperirii lubrifiante la substrat.

Metoda de acoperire a pieselor metalice, cu straturi subțiri, lubrifiante și antiuzură, uscate, din bisulfură de W sau/și Mo și nitrură de bor, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică, prin aceea că folosește materialul de depunere atât sub formă de pulberi nanometrice de nitrură de bor: hBN/cBN, cât și sub formă de ținte din bisulfură de W sau Mo, sau și de hBN/cBN, de pulverizare simultană, realizând depunerea de straturi subțiri, în concentrația dorită și la grosimi mai mari decât la utilizarea unui singur material de acoperire, în concentrații diferite, cu sau fără metal de adaos, și cu diferite puteri/rate de pulverizare, depunerea componenților chimici fiind realizată repetitiv, în sensul obținerii unei acoperiri lubrifiante, tip multistraturi, din cBN/hBN + WS<sub>2</sub>, cBN/hBN + MoS<sub>2</sub>, cBN/hBN + WS<sub>2</sub> + MoS<sub>2</sub>. În particular, acoperirea lubrifiantă, menționată, de obținut este aleasă tip "superlattice", cu straturi subțiri, lubrifiante, nanometrice, repetate periodic.

Într-o variantă, toate straturile lubrifiante sunt depuse în vid, din stare de vapori, prin metoda PVD sau IPVD (din stare de vapori ionizați), iar în altă variantă, primul strat lubrifiant, dur, din hBN este depus în mediul ambiant, din pulberi nanometrice, printr-o metodă clasică, iar cel de-al doilea strat, din WS<sub>2</sub> sau MoS<sub>2</sub>, fiind depus în vid, printr-o metodă tip PVD, de depunere din stare de vapori, sau IPVD, de depunere din stare de vapori ionizați.

Metoda conform invenției are ca avantaj principal adăugarea, prin metode PVD sau IPVD, de multistraturi lubrifiante, pe piesele metalice, acoperite cu hBN, prin metodele clasice de acoperire cu pulberi metalice, și realizarea practică, la costuri mai reduse, a acoperirilor multistrat, de tipul: hBN + WS<sub>2</sub>; hBN + MoS<sub>2</sub>.

Invenția este prezentată pe larg, în continuare.

Conform metodei revendicate, aceasta are drept scop îmbunătățirea coeficientului de frecare a celor mai utilizate materiale lubrifiante, uscate, WS<sub>2</sub> și MoS<sub>2</sub>, prin utilizarea nitrurii de bor, cu structură hexagonală (hBN), ca pulbere nanometrică sau ca strat subțire,

# RO 128144 B1

1 cu duritatea Mohs 2 și  $CF < 0,3$ , sau cu structură cubică (cBN), ca strat subțire cu duritatea  
Mohs 9,5...10 și  $CF < 0,3$ , ca prim strat de acoperire, în acoperirile multistrat, sau ca material  
3 de adaos, în acoperirile monostrat, și care prezintă o duritate mai mare și o rezistență  
chimică și termică mai bună decât a materialelor de bază,  $WS_2$  sau  $MoS_2$ .

5 În acest scop, metoda folosește materialul de depunere atât sub formă de pulberi  
nanometrice de nitrură de bor: hBN/cBN, cât și sub formă de ținte din bisulfură de W sau Mo,  
7 sau și de hBN/cBN, de pulverizare simultană, realizând depunere de straturi subțiri, cu con-  
centrația dorită și la grosimi mai mari, decât la utilizarea unui singur material de acoperire,  
9 în concentrații diferite, cu sau fără metal de adaos, și cu diferite puteri/rate de pulverizare,  
depunerea componentelor chimici fiind realizată repetitiv, în sensul obținerii unei acoperiri  
11 lubrifiante, tip multistraturi, din cBN/hBN +  $WS_2$ , cBN/hBN +  $MoS_2$ , cBN/hBN +  $WS_2$  +  $MoS_2$ .  
În particular, acoperirea lubrifiantă, menționată, de obținut este aleasă tip "superlattice", cu  
13 straturi subțiri, lubrifiante, nanometrice, repetate periodic.

15 Într-o variantă, toate straturile lubrifiante sunt depuse în vid, din stare de vapori, prin  
metoda PVD sau IPVD (din stare de vapori ionizați), iar în altă variantă, primul strat lubrifiant,  
dur, din hBN este depus în mediul ambiant, din pulberi nanometrice, printr-o metodă clasică,  
17 iar cel de-al doilea strat, din  $WS_2$  sau  $MoS_2$ , fiind depus în vid, printr-o metodă tip PVD, de  
depunere din stare de vapori, sau IPVD, de depunere din stare de vapori ionizați.

19 *Varianta 1, utilizată pentru realizarea straturilor compozite din pulberi nanometrice  
de hBN,  $WS_2$  și  $MoS_2$*

21 La utilizarea materialelor de acoperire, sub formă de pulberi nanometrice, procesul  
de acoperire se desfășoară în mediul ambiant, folosind tehnicile clasice, recomandate de  
23 producătorii acestor pulberi nanometrice (MK Impex-Canada, Micro Surface  
Corporation-USA, Qinhuangdao Eno High-Tech Material Development CO-China, Hanbyul  
25 Corporation-Korea etc.), pentru realizarea de monostraturi de hBN,  $WS_2$  sau  $MoS_2$ , prin  
metoda:

- 27 a) - spray-ere pulbere (cu aerosoli sau cu aer comprimat);  
b) - presare și frecare cu pastă din alcool și pulbere;  
29 c) - placare cu pulbere prin impact în tambur vibrator.

31 Față de soluțiile cunoscute de acoperire a pieselor metalice, cu straturi subțiri,  
lubrifiante și antiuzură, uscate, din pulberi nanometrice ce prezintă numai realizarea de  
straturi subțiri, singulare (monostraturi), din bisulfură de wolfram ( $WS_2$ ), bisulfură de molibden  
33 ( $MoS_2$ ) sau din nitrură de bor hexagonală (hBN), și cu grosimi limitate de dimensiunile  
nanopulberilor și de forțele de legătură van der Waals dintre constituenții materialului de  
35 acoperire (maximum 0,5  $\mu m$ , pentru  $WS_2$  / $MoS_2$ ), potrivit invenției, noua metodă de  
acoperire, din pulberi nanometrice, a pieselor metalice, cu straturi lubrifiante și antiuzură,  
37 uscate, se caracterizează prin aceea că, datorită legăturilor covalente ce apar între  
constituenții celor două materiale, permite acoperirea pieselor metalice, cu:

39 - straturi subțiri, lubrifiante, singulare (monostraturi), din amestecuri de pulberi  
nanometrice, de hBN și  $WS_2$  sau hBN și  $MoS_2$ , cu concentrația dorită și cu grosimi mai mari  
41 decât la utilizarea unui singur material de acoperire;

- straturi subțiri, lubrifiante, multiple (multistraturi), din hBN +  $WS_2$ , sau hBN +  $MoS_2$   
43 etc., cu grosimi mai mari decât la utilizarea unui singur material de acoperire.

Avantajele esențiale ale acestei metode sunt realizarea de:

45 - monostraturi compozite din hBN +  $WS_2$  sau hBN +  $MoS_2$ , cu concentrații diferite,  
multistraturi din hBN +  $WS_2$  sau hBN +  $MoS_2$ .

47 *Varianta 2, utilizată pentru realizarea monostraturilor compozite sau a multistraturilor  
din ținte de pulverizare de BN (care este de tipul hBN)/B,  $WS_2$  sau  $MoS_2$*

49 La utilizarea materialelor de acoperire sub formă de ținte de pulverizare (disponibile  
comercial), procesul de acoperire se desfășoară în vid, folosind metode tip Physical  
51 VaporDeposition (PVD) precum: pulverizarea magnetron în curent continuu sau alternativ

# RO 128144 B1

(RF), evaporarea catodică în arc electric, ablație laser clasică etc. sau Ionised Physical Vapor Deposition (IPVD) precum: pulverizarea magnetron în impuls de mare putere, evaporare prin ablație laser în impuls de mare putere și durată mică (femtosecunde) etc.	1 3
Pulverizarea de tip magnetron este metoda cea mai potrivită pentru depunerea simultană/sucesivă, în concentrațiile dorite și cu o aderență îmbunătățită, la substrat, a lubrifianților uscați precum: BN, WS <sub>2</sub> , MoS <sub>2</sub> (mai bună decât în cazul acoperirilor clasice din pulbere nanometrică).	5 7
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.	9 11 13
Pentru refacerea compoziției stoichiometrice a țintelor din hBN, respectiv, din WS <sub>2</sub> sau MoS <sub>2</sub> , se poate utiliza un proces de tip reactiv, prin adăugarea gazului reactiv N <sub>2</sub> , respectiv, HS <sub>2</sub> (gaz care ridică însă probleme mari de coroziune și de toxicitate).	15
În acord cu ultimele studii și cercetări publicate, din ținta de pulverizare hBN, se pot obține straturi subțiri atât de tipul cBN, cât și de tipul hBN. Peliculele de tipul cBN se pot obține doar când tensiunea negativă de polarizare a substratului, în descărcarea magnetron de tip reactiv (în atmosferă de Ar și N <sub>2</sub> ), este suficient de scăzută. Pentru realizarea straturilor subțiri de tipul cBN sau hBN, se poate utiliza și pulverizarea magnetron de tip reactiv, cu utilizarea țintei de pulverizare din Bor (B) și a amoniacului (NH <sub>3</sub> ) drept gaz reactiv.	17 19 21
Pentru îmbunătățirea aderenței și a durității stratului depus, este recomandată utilizarea unui metal dopant (de adaos) precum Ti, Al, Cr etc.	23
Față de soluțiile cunoscute de acoperire a pieselor metalice, numai cu straturi subțiri, lubrifiante și antiuzură, uscate, singulare (monostraturi) din ținte de pulverizare, ce prezintă numai realizarea de straturi subțiri, singulare (monostraturi), realizate din bisulfură de wolfram (WS <sub>2</sub> ), bisulfură de molibden (MoS <sub>2</sub> ) sau din nitru de bor (BN)/Bor (B), potrivit invenției, noua metodă de acoperire a pieselor metalice, cu straturi lubrifiante și antiuzură, uscate, din ținte de pulverizare din BN/B, WS <sub>2</sub> sau MoS <sub>2</sub> , se caracterizează prin aceea că permite acoperirea pieselor metalice cu:	25 27 29 31
- straturi subțiri, lubrifiante, complexe/compozite din amestecuri ale materialelor prezentate anterior, în orice concentrație, sub formă de monostrat cu grosimea dorită, obținute prin pulverizarea simultană a țintelor de pulverizare, cu diferite puteri/rate de pulverizare;	33
- straturi subțiri, lubrifiante, multiple (multistraturi), din: cBN/hBNs + WS <sub>2</sub> , cBN/hBN + MoS <sub>2</sub> , cBN/hBN + WS <sub>2</sub> + MoS <sub>2</sub> , cu sau fără metal de adaos, pentru creșterea durității și a aderenței peliculelor depuse;	35 37
- multistraturi cu structuri nanometrice (multistraturi cu "superlatice structure").	
Tehnologiile tip PVD (evaporarea în arc catodic, pulverizarea magnetron standard, evaporare prin ablație laser standard etc.) sau IPVD (pulverizarea magnetron în impuls de mare putere, evaporare prin ablație laser în impuls de mare putere și durată mică etc.), recomandate a fi utilizate în cadrul invenției, la depunerea, în vid, a bisulfurii de wolfram sau a bisulfurii de molibden, elimină dificultățile enorme de toxicitate și coroziune, pentru depunerea, în vid, a acestui compus prin "sinteză", folosind pulverizare magnetron de tip reactiv (ce utilizează wolframul/molibdenul, ca țintă de pulverizare și H <sub>2</sub> S, ca gaz reactiv - extrem de toxic și de corosiv).	39 41 43 45

# RO 128144 B1

1 Metodele tip PVD sau IPVD, recomandate în cadrul invenției, permit depunerea  
straturilor subțiri, combinate (de tip monostrat) din c/hBN + WS<sub>2</sub> + MoS<sub>2</sub>, cu diverse  
3 concentrații ale constituenților, sau succesive (de tip multistrat) din c/hBN, WS<sub>2</sub> și/sau MoS<sub>2</sub>,  
cu concentrații și cu grosimi variate (inclusiv cu "structura superlattice").

5 Straturile subțiri, combinate/compozite de tip monostrat se pot realiza cu o compoziție  
constantă a constituenților (cBN/hBN, WS<sub>2</sub> și MoS<sub>2</sub>) pe întreaga grosime sau cu o compoziție  
7 graduală. Straturile intermediare din structura straturilor subțiri, multiple, depuse prin metode  
PVD sau IPVD, pot avea:

9 - o concentrație graduală și uniformă a stratului dur și lubrifiant din c/hBN (de la 100%  
BN și până la 0% BN, ce asigură o aderență sporită la substrat și o creștere a durității  
11 peliculei depuse, precum și un coeficient de frecare foarte scăzut);

13 - o structură în straturi nanometrice, multiple (tip superlattice structure) și cu diverse  
concentrații de c/hBN, în fiecare strat;

15 - o porozitate foarte scăzută, în cazul utilizării metodelor de acoperire tip IPVD;

17 - o aderență, la substrat sau între straturi, îmbunătățită, față de materialul de bază  
(WS<sub>2</sub>), prin utilizarea unui metal dopant, ce îmbunătățește aderența și duritatea;

19 - o duritate mai mare decât a materialului de bază, permițând sarcini mai mari;

21 - grosimi mai mari decât grosimea practică, maximă, de realizare a straturilor  
lubrifiante din pulberi nanometrice de WS<sub>2</sub>/MoS<sub>2</sub> (de 0,5 μm).

Avantajele esențiale ale acestei metode sunt:

23 - realizarea de monostraturi compozite din: c/hBN + WS<sub>2</sub>, c/hBN + MoS<sub>2</sub>, c/hBN +  
WS<sub>2</sub> + MoS<sub>2</sub>, Metal + hBN + WS<sub>2</sub> + MoS<sub>2</sub>;

25 - realizarea de multistraturi din: Metal (Ti, Al etc.), hBN, cBN, WS<sub>2</sub>, MoS<sub>2</sub>, în diverse  
combinații/compoziții și cu diverse grosimi.

27 *Varianta 3, utilizată pentru realizarea multistraturilor din: hBN+WS<sub>2</sub> sau hBN+MoS<sub>2</sub>*

Potrivit invenției, straturile subțiri, lubrifiante și antiuzură, uscate, de tip multiplu se pot  
realiza și printr-o a treia metodă, ce combină cele două metode prezentate anterior, în sensul  
că primul strat cu duritate mai mare și bună aderență la substrat (de exemplu, stratul dur și  
29 lubrifiant din hBN) se poate obține din pulberi nanometrice, iar stratul sau straturile următoare  
se pot depune în vid, folosind metodele tip PVD sau IPVD, reducându-se în acest fel costurile  
31 procesului de acoperire.

Față de soluțiile cunoscute, de acoperire a pieselor metalice, doar cu un singur strat  
33 din pulberi nanometrice de hBN, WS<sub>2</sub> sau MoS<sub>2</sub>, potrivit invenției, noua metodă se  
caracterizează prin aceea că piesele metalice, acoperite cu pulberi nanometrice ce folosesc  
35 tehnicile clasice, specificate de producătorii pulberilor, se acoperă cu un al doilea sau cu mai  
multe straturi din WS<sub>2</sub> și MoS<sub>2</sub>, folosind una dintre tehnicile PVD sau IPVD.

1. Metodă de acoperire, în vid, a pieselor metalice, cu straturi subțiri, lubrifiante, realizate prin pulverizarea simultană a unor ținte din amestecuri de pulberi nanometrice de hBN și  $WS_2$  sau/și  $MoS_2$ , pentru depunere de straturi subțiri cu concentrație prestabilită și cu grosimi mai mari decât la utilizarea unui singur material de acoperire, în concentrații diferite de la un strat la altul, cu sau fără metal de adaos și cu diferite puteri/rate de pulverizare, **caracterizată prin aceea că** depunerea componentelor chimici este realizată repetitiv, în sensul obținerii unei acoperiri lubrifiante tip multistraturi din cBN/hBN +  $WS_2$ , cBN/hBN +  $MoS_2$ , cBN/hBN +  $WS_2$  +  $MoS_2$ . 3 5 7 9
2. Metodă de acoperire, în vid, a pieselor metalice, cu straturi subțiri, lubrifiante, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** acoperirea lubrifiantă, menționată, de obținut este aleasă tip "superlattice", cu straturi subțiri, lubrifiante, nanometrice, repetate periodic. 11 13
3. Metodă de acoperire, în vid, a pieselor metalice, cu straturi subțiri, lubrifiante, incluzând o fază de formare, pe substrat metalic, a unei acoperiri conținând bisulfură de W sau Mo și BN, prin depunere, prin spray-ere, cu un jet de particule conținând bisulfură de W sau Mo, **caracterizată prin aceea că**, pentru realizarea de multistraturi din hBN+ $WS_2$  sau hBN +  $MoS_2$ , primul strat lubrifiant, dur, din hBN este depus în mediul ambiant, din pulberi nanometrice, printr-o metodă clasică, iar cel de-al doilea strat din  $WS_2$  sau  $MoS_2$  este depus în vid, printr-o metodă tip PVD, de depunere din stare de vapori, sau IPVD, de depunere din stare de vapori ionizați. 15 17 19 21

