



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2016 00168**

(22) Data de depozit: **09/03/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/10/2021** BOPI nr. **10/2021**

(41) Data publicării cererii:
29/09/2017 BOPI nr. **9/2017**

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

(72) Inventatori:
• **MATEESCU ALICE-ORTANSA**,
BD.ION MIHALACHE NR.187, BL.4, ET.6,
AP.28, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;

• **MATEESCU GHEORGHE**,
STR.NUCȘOARA NR.6, BL.42, SC.E, ET.1,
AP.70, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
JP 2014147867 (A); R. MERLINO,
"EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF
DUSTY PLASMAS", PP. 1-9, 4th
INTERNATIONAL CONF. OF THE PHYSICS
OF DUSTY PLASMAS, ORLEANS, 2005;
US 2006121187 (A1)

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE A UNOR ACOPERIRI
FUNCȚIONALE PE UN SUBSTRAT**



RO 132150 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de depunere a micropulberilor și nanopulberilor în
2 plasmă rece și complexă (Cold Complex Plasma sau Cold Dust Plasma, ce conține pe lângă
3 electronii și ionii de gaz din plasma rece și pulberi încărcate electric), cu desfășurare în vid
4 sau în atmosferă deschisă, utilizabile la realizarea acoperirilor funcționale (tribologice,
5 anticorozive, decorative, de durificare, termoizolante, etc.) cu caracteristici îmbunătățite.

6 Sunt cunoscute o multitudine de metode, de structuri și de materiale pentru realizarea
7 în vid sau în atmosferă deschisă a acoperirilor complexe cu proprietăți funcționale
8 (anticorozive, tribologice, decorative, etc.) care se diversifică continuu.

9 O eficiență și o calitate ridicată în realizarea industrială a acoperirilor funcționale de
10 grosimi mici (straturi subțiri, cu grosimi de ordinul nanometrilor sau micronilor), sau de gro-
11 simi mari (straturi groase, cu grosimi de ordinul zecilor de micrometri sau de ordinul milimetri-
12 lor) au demonstrat-o depunerile solide, în atmosferă deschisă, a micropulberilor prin metoda
13 spreierii la rece, în care materialul solid de depunere cu dimensiuni micronice (1-50 μm) este
14 accelerat printr-un ajutoraj Laval (convergent- divergent) și deplasat cu viteză foarte mare
15 (300-1200 m/s) de un gaz dinamic (aer comprimat: N₂, He, etc.), pentru a se depune sub
16 formă solidă (nu sub formă topită, ca în metoda Thermal Spray) pe suportul cu care
17 interacționează prin deformare (ciocnire) plastică.

18 Gazul de antrenare al micropulberilor, utilizat la presiune înaltă (în cazul High
19 Pressure Cold Spray/ HPCS) sau la presiune scăzută (Low Pressure Cold Spray/ LPCS)
20 este ușor încălzit (sub temperatura de topire a pulberilor) în vederea asigurării unei deformări
21 plasice a pulberilor la ciocnirea cu substratul și a consolidării prin impact a pulberilor.

22 Metoda de depunere a micropulberilor cu gaz dinamic la viteză supersonică (Cold
23 Gas Dynamic Spray/CGDS, sau pe scurt Cold Spray/CS), ce a fost utilizată pentru prima
24 dată în 1980 la Institutul de Mecanică Aplicată al Academiei Ruse din Novosibirsk de către
25 A.P. Alklimov, V.F. Kosarev și A.N. Papyrin a fost apoi puternic dezvoltată în: Rusia (la
26 Obnisk Center for Power Spraying/ OSPS, prin dezvoltarea echipamentelor DYMET®); USA,
27 (de către compania Rus Sonic Technology Inc., etc.); Germania (de către Cold Gas
28 Technology GmbH); Japonia (de către Plasma Giken Co., Ltd.) și Canada (de către
29 CenterLine Limited, Supersonic Spray Technology Division).

30 Astăzi metoda CS este utilizată cu succes și la modul industrial în depunerea
31 micropulberilor din: metale ductile, (precum: Zn, Sn, Ag, Cu, Al, Ti, Nb, etc.); aliajele metalice
32 ale acestora (Ni-Cr; Cu-Al; MCrAlY, etc.) și polimeri, precum și a amestecurilor acestora (cu
33 un conținut al acestora de peste 50% în volum) cu compuși ceramici sau cu metale fragile.

34 O prezentare completă și sintetică a metodei Cold Spray se găsește în lucrarea
35 **"Cold Spray coating: review of materials systems and future perspectives" a lui A
36 Moradi și alții, publicată în volumul 36, Nr. 6/ 2015 al revistei Surface Engineering.** Alte
37 detalii privind evoluția tehnologiei și a materialelor depuse prin metoda CS se găsesc în
38 diverse lucrări.

39 O îmbunătățire a procesului de depunere a pulberilor cu dimensiuni micrometrice și
40 nanometrice s-a obținut prin spreierea micropulberilor (produse de un pistol de spreiere tip
41 Cold Spray) într-un spațiu vidat, folosind metoda Vacuum Cold Spray (VCS), descrisă în
42 Brevetul de invenție Nr. **US 2006/0121187 A1**, autori Joffrey D. Hayness și D. Alan Hobs sau
43 în documentul **US 2006121187 A1**, care prezintă o metodă pentru depunerea unui material
44 metalic pe un substrat prin plasarea substratului într-o cameră de vid, introducerea unei duze
45 de pistol de pulverizare într-un orificiu al camerei de vid și depunerea unui material metalic
46 sub formă de pulbere pe substrat, fără a topi material metalic pulverulent, depunerea
47 cuprinzând accelerarea particulelor metalice pulverizate în camera de vid la o viteză aleasă
48 astfel încât la impact particulele să se deformeze plastic și să se lege de substrat.

RO 132150 B1

Diferitele procedee de CS, dezvoltate ulterior precum: Low Pressure Cold Spray/ LPCS; High Pressure Cold Spray/ HPCS; Vacuum Cold Spray/ VCS și Kinetic Cold Spray/ KCS sunt prezentate detaliat pe internet, ([wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Dusty_plasma](https://en.wikipedia.org/wiki/Dusty_plasma)).

Avantajul esențial al procedurii Vacuum Cold Spray este că această metodă elimină total posibilitățile de oxidare și de contaminare ale stratului depus, permite depunerea și a pulberilor cu dimensiuni submicronice, crește eficiența și calitatea depunerii și asigură depuneri la distanțe mai mari (distanța țintă - substrat crește de la 1-2 cm la 4-5 cm).

O alternativă a metodei Cold Spray de depunere a micropulberilor, bazată tot pe consolidarea prin impact a pulberilor la temperatura camerei (Room Temperature Impact Consolidation/ RTIC) o constituie "Metoda Depunerii cu Aerosoli în Vid" (Vacuum Aerosol Deposition Method/ ADM), definită de unele grupuri de cercetare ca Vacuum Cold Spray/ VCS sau Vacuum Kinetic Spraying/ VKS, dezvoltată pentru prima dată de un grup de cercetători conduși de profesorul Akedo de la National Institute of Industrial Science and Technology (AIST) din Japonia. Metoda Aerosol Deposition Method, utilizează: o cameră de amestec a aerosolului în care presiunea este menținută între 60 mbar și 1066 mbar; un ajutoraj convergent-divergent de tip Laval ce asigură ejectarea particulelor în camera tehnologică de depunere (în care vidul este în domeniul 0,2-200 mbar) cu viteze de 100-600 m/s; o distanță între ajutoraj și substrat de 1-50 mm. Cu ajutorul acestei metode s-a reușit depunerea de pulberi ceramice cu dimensiuni de 0,08...2 μm, imposibil de depus prin metoda Cold Spray.

Detalii suplimentare privind principiul de funcționare al acestei metode se găsesc în lucrările: "**An Overview of the Aerosol Deposition Method: Process Fundamentate and New Trends în Material Applications**", autori D. Hanft, J. Exner, M. Schubert, T. Stoker și R. Moons, publicată în *J. Ceram. Sci. Tech.*, 06, 147.182 92050 și "**Room Temperature Impact Consolidatio (RTIC) of Fine Ceramic Powder by Aerosol Deposition Method and Applications to Microdevice**", publicată în *Journal of Thermal Spray Technology*, Volume 17(2) June 2008-181, de către Jun Akedo.

Prin documentul **JP 2014147867 (A)**, este cunoscut un procedeu de depunere a unei pelicule de pulberi de rășină pe un substrat solid, care pentru a îmbunătăți rezistența la îmbinare prin fixarea fermă a pulberii pe substrat, indiferent de gazul utilizat, realizează injecția pulberii de rășină în gaz la presiune atmosferică și la temperatură mai mică decât temperatura de topire a rășinii, în principal- aer, adus la viteză sub-sonică sau super-sonică conform metodei Cold Gas Dynamic Spray Deposition, și producerea unei plasmă P generată prin ionizarea gazului de materie primă, iradiat către o parte obiect a substratului solid K, cu radiație UV, X sau gamma, gazul plasmatic format fiind injectat pe substratul solid K, rășina lipită de substratul solid K fiind apoi tratată termic.

De asemenea, în documentul: **R. Merlino, "Experimental Investigations of Dusty Plasmas"**, 4th International Conf. of the Physics of Dusty Plasmas, Orleans, 17 June 2005, pag. 1-9, se prezintă un procedeu de producere de plasmă complexă, cu microparticule încărcate electric, între doi electrozi plasați într-o incintă vidată în care se introduce sub acțiunea unui câmp de înaltă frecvență de 13,56 MHz, un gaz mixt: argon cu oxigen amestecat cu particule de microsilan, sau prin realizarea unuia dintre electrozi din grafit, precum și un procedeu de producere a unei plasmă complexe prin descărcare luminiscentă realizată într-o incintă conținând un gaz nobil între un anod și un catod la presiune relativ ridicată, plasma complexă fiind generată prin amestecarea gazului nobil cu microparticule furnizate de un dozator poziționat la partea superioară a incintei care se ionizează prin încărcare cu o sarcină negativă, fiind menținute apoi în suspensie prin respingere electrostatică cu catodul poziționat inferior.

RO 132150 B1

1 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția o constituie găsirea unui mijloc de
realizare a unei depuneri de micro- sau nano-pulberi metalice sau nemetalice pe un substrat
3 prin metoda antrenării acestora cu gaz dinamic la viteză supersonică, prin care să fie
obținută creșterea aderenței la substrat a stratului depus precum și a coeziunii dintre
5 straturile depuse și creșterea densificării stratului depus (reducerea porozității).

Procedeul conform invenției, cu desfășurare în atmosferă deschisă sau cu desfășurare în
7 vid, reprezintă o îmbunătățire a metodei clasice de spreiere a micro/nano pulberilor în
atmosferă deschisă (metoda Cold Spray/CS), îmbunătățire obținută prin desfășurarea
9 procesului de spreiere în vid (metoda Vacuum Cold Spray/VCS) și cu sprijinirea/ asistarea
depunerii de către o plasmă rece (Cold Plasmă-produsă de un echipament tip Atmospheric
11 Cold Plasma Surface Treatment sau de tip Abnormal Glow Discharge-AGD), ce conduce la
realizarea unei plasmă complexe, ce conține pe lângă electroni și ioni ai gazului din plasma
13 rece și pulberi încărcate electric ca urmare a interacțiunii pulberilor cu plasma rece. Într-un
alt exemplu de realizare, procedeul constituie o îmbunătățire a metodei Aerosol Deposition
15 Method - ADM, cu desfășurare în vid (metoda Akedo) prin sprijinirea procesului de depunere
a pulberilor de către o plasmă rece a AGD.

17 Îmbunătățirea este obținută ca urmare a efectelor de: curățare, desorbție, degazare
(ce au efecte directe în reducerea gazelor care pot fi înglobate în strat în procesul de
19 nucleație) și activare a substratului (eventual și înainte de a se realiza depunerea cu echi-
pamentul Cold Spray) și a stratului depus, precum și de creștere a energiei de impact a parti-
21 culelor sub acțiunea descărcării luminescente (Abnormal Glow Discharge) sau a jetului de
plasmă suprapus peste jetul de particule generat de echipamentul Cold Spray, pe toată
23 durata depunerii. Așadar, descărcarea luminescentă poate fi folosită și ca un pretratament
pentru substraturile care pot avea probleme de aderență a depunerii. De asemenea, plasma
25 (sub formă de descărcare luminescentă sau de jet de plasmă) care asistă depunerea de tip
Vacuum Cold Spray, are efecte benefice în procesul de nucleație al stratului depus,
27 deoarece favorizează: reducerea porozității stratului depus; dirijarea jetului de particule
încărcate electric către substrat după direcția liniilor de câmp, atunci când substratul metalic
29 este ușor polarizat (permițând depunerea și pe zone mai ascunse); eliminarea stresului din
stratul depus (ce permite realizarea de acoperiri cu grosimi foarte mari); modificarea fazelor
31 structurale ale stratului depus prin facilitarea creerii de compuși chimici în structura acestuia,
ca urmare a participării în procesul de nucleație și a unor specii ionizate (pulberi încărcate
33 electric, ioni negativi ai gazelor din descărcare, etc.) care sunt mult mai active chimic decât
cele neutre.

35 Avantajul acestui procedeu față de metoda clasică de tip Cold Spray este că
materialul de depunere (micopulberile) se încarcă electric în plasmă, ceea ce duce la:

37 - intensificarea proceselor de combinare chimică în procesul de nucleație al stratului
depus pe substrat (ca urmare a creșterii reactivității asigurate de încărcarea electrică a
39 constituenților în nucleație);

- sporirea aderenței la substrat și a coeziunii dintre straturi, etc.

41 Invenția este prezentată pe larg în continuare.

Procedeul conform invenției, de realizare a unor acoperiri funcționale pe un substrat,
43 este realizat printr-o metodă de producere a unui jet de micropulberi sau/și nanopulberi
metalice sau nemetalice, în atmosferă deschisă sau în vid, obținut prin antrenarea acestora
45 cu gaz dinamic la viteză supersonică sau subsonică, cu încărcarea electrică a acestora și
depunerea lor pe substrat, cu particularitatea că încărcarea electrică a particulelor de depu-
47 nere și realizarea unei plasmă complexe se realizează prin utilizarea cvasi-simultană și a
unei metode de tratare a suprafeței de depunere cu plasmă de gaz ionizat care interacțio-
49 nează cu jetul de micropulberi sau/și nanopulberi metalice sau nemetalice de depunere.

RO 132150 B1

Într-un prim exemplu de realizare a procedurii conform invenției, plasma rece (Cold Plasma), ce asistă jetul de particule produs prin Cold Spray/ CS și asigură realizarea unei plasmă complexe, poate fi obținută prin: 1
3

Cuplarea/suprapunerea, în atmosferă deschisă sau în vid, a jetului de plasmă de la o sursă de plasmă rece în atmosferă deschisă pentru tratarea suprafețelor (Atmospheric Cold Plasma Surface Treatment) la/cu jetul de microparticule produs de către un echipament CGDS-DM și împrăștiat cu viteză supersonică, pentru realizarea acoperirilor funcționale industriale. 5
7

Descărcarea luminiscentă/DL stabilă în vid (Abnormal Glow Discharge-zona stabilă a descărcării luminiscente în care la o creștere a tensiunii în descărcare se produce o creștere a curentului în descărcare) ce se poate menține stabilă și vizibilă în domeniul 10 mbar- 5×10^{-3} mbar, ce umple spațiul vidat în care are loc depunerea tip VCS și produce o plasmă complexă ce va conține pe lângă electronii și ionii negativi de gaz ai DL și pulberea ejectată de jetul CS și încărcată electric de către plasmă. 9
11
13

Procedeu de depunere în atmosferă deschisă a micropulberilor cu plasmă rece complexă, în exemplul de realizare nr.1, combină metoda de spreiere rece cu gaz dinamic a micropulberilor, în atmosfera deschisă (Cold Gas Dynamic Spray Deposition Method-CGDS/ Cold Spray-CS) cu metoda de tratare a suprafețelor cu plasmă rece în atmosfera deschisă (Atmospheric Cold Plasma Surface Treatment/ ACP-ST). 15
17
19

Practic, prin noul procedeu se realizează suprapunerea jetului de particule, produs de un echipament comercial de tip Cold Spray (spre exemplu echipamentul Dymet 423 produs de Obnisk Center for Powder Spraying - Rusia, care poate avea o presiune de gaz de până la 8 bari la ieșirea din ajutorul Laval și un debit de maxim 24 m³/h), cu jetul de plasmă produs de un echipament de tratament a suprafețelor cu plasmă rece în atmosferă deschisă (spre exemplu echipamentul PlasmaBeam de la Diener Electronic GmbH, care poate avea o presiune de gaz de până la 8 bari înainte de ieșirea din torța de plasmă și un debit de gaz de maxim 2 m³/h), respectiv prin injectarea jetului de particule (printr-un racord înclinat în torța de plasmă) obținut prin CS în jetul de plasmă rece obținut prin ACPST. 21
23
25
27

Avantajul acestui procedeu față de metoda clasică de tip Cold Spray este că materialul de depunere (micropulberile) se încarcă electric în plasmă, ceea ce duce la: intensificarea proceselor de combinare chimică în procesul de nucleație al stratului depus pe substrat (ca urmare a creșterii reactivității asigurate de încărcarea electrică a constituenților în nucleație); sporirea aderenței la substrat și a coeziunii dintre straturi, etc. 29
31
33

Un alt exemplu de realizare a procedurii de depunere în vid a micro și nano pulberilor cu plasmă rece complexă (exemplul nr. 2), combină spreierea rece a acestora cu gaz dinamic într-un spațiu vidat (Vacuum Gas Dynamic Cold Spray Deposition Method/ VGDCS-DM) în care este generată și o plasmă rece de tip Abnormal Glow Discharge, ce poate fi menținută stabil și vizibil în domeniul 10- 5×10^{-3} mbar și care produce încărcarea electrică a micro- și nano- particulelor din jet. 35
37
39

Acest procedeu menține avantajele metodei de depunere tip Vacuum Cold Spray, prezentate anterior, dar aduce în plus și avantajele plasmă complexe în procesul de nucleație, prezentate de asemenea anterior. 41

Un alt exemplu de realizare a procedurii de depunere în vid a micro- și nano-pulberilor cu plasmă rece complexă (exemplul nr. 3), suprapune jetul de plasmă produs de un echipament de tip ACPST cu jetul de nano/mico pulberi produs de un echipament de tip CS, înainte de introducerea acestora în spațiul tehnologic vidat și acest lucru poate fi realizat fie prin cuplarea jetului de micropulberi la torța de plasmă (plasma torch) sau a torței de plasmă la jetul de pulbere. 43
45
47

RO 132150 B1

1 Avantajul esențial al acestui procedeu este faptul că, datorită extinderii lungimii torței
2 de plasmă în vid, se produce o încărcare cu sarcini electrice a particulelor din jet într-o
3 proporție mult mai mare decât în Abnormal Glow Discharge, ce va duce la o creștere
(îmbunătățire) a efectelor benefice ale plasmei complexe în procesul de nucleație.

5 Un alt exemplu al procedurii de depunere în vid a micro- și nano- pulberilor cu
6 plasmă rece complexă (exemplul nr. 4), constituie o dezvoltare a exemplului nr. 3 prin utiliza-
7 rea în timpul depunerii în spațiul tehnologic și a descărcării luminiscente anormale (Abnormal
8 Glow Discharge) care va asigura creșterea ponderii particulelor încărcate cu sarcină
9 electrică, cu influențe favorabile în procesul de nucleație.

11 Un alt exemplu, nr. 5, de realizare a procedurii, cu depunerea de microparticule
12 realizată în vid, constituie o dezvoltare a metodei Aerosol Deposition Method/ADM, pusă la
13 punct de Prof. Akedo, prin utilizarea descărcării luminiscente anormale (Abnormal Glow
14 Discharge-AGD) în timpul depunerii și transformarea metodei ADM în o metodă tip Aerosol
15 with Dusty Plasma Deposition Method.

17 Conform invenției, vidul în spațiul tehnologic de depunere poate cuprinde întreg
18 domeniul în care descărcarea luminiscentă anormală este stabilă și vizibilă (adică domeniul:
19 $10 \text{ mbar} \dots 5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$), pentru toate exemplele de realizare a procedurii la care depu-
20 nerea se realizează în vid (exemplele nr. 2, 3, 4 și 5), iar eficiența procesului de depunere
21 crește la scăderea presiunii.

23 Toate cele 5 exemple de realizare a procedurii menționate anterior pentru
24 depunerea pulberilor utilizează, pentru îmbunătățirea caracteristicilor stratului depus, plasmă
25 rece și complexă, în care o parte din particulele cu dimensiuni micronice sau nanometrice
26 aflate în suspensie în plasmă se încarcă în final cu sarcini pozitive, ca urmare a bombardării
27 acestora de către electronii din plasmă, (mult mai mobili decât ionii de gaz din plasmă), așa
28 cum se prezintă în diverse lucrări.

29 Atunci când jetul de particule, produs de echipamentul Cold Spray, este amestecat
30 cu jetul de plasmă (în vid - ca în exemplele nr. 3 și 4 sau în atmosferă deschisă - ca în
31 exemplul nr. 1), produs de echipamentul ACPST, toate particulele din jet vin în contact cu
32 plasma și cea mai mare parte a acestora se încarcă electric.

33 Atunci când jetul de particule, produs de echipamentul Cold Spray, intră într-o
34 descărcare luminiscentă (cum este cazul procedurii din exemplele nr. 2 și 4), numai
35 particulele aflate la marginea jetului Cold Spray vin în contact cu plasma și numai acestea
36 se încarcă electric.

37 Atunci când substratul este polarizat negativ (opus încărcării particulelor din jet)
38 particulele din jet încărcate electric (pozitiv) se vor deplasa după direcția liniilor de câmp
39 electric și vor depune și pe zonele mai ascunse ale substratului, așa cum se întâmplă și la
40 placarea ionică. Practic toate procedeele de depunere prezentate anterior pot fi considerate
41 procedee de placare ionică cu micro- și nano- particule.

42 Prin participarea în procesul de nucleație a stratului depus a pulberilor micrometrice
43 și nanometrice încărcate electric (mult mai active chimic decât cele neutre) precum și a
44 ionilor negativi ai gazelor reactive (atunci când descărcarea luminiscentă se produce într-un
45 gaz reactiv sau când în plasmă se adaugă și gaze reactive) se facilitează modificarea fazelor
46 structurale ale stratului depus prin crearea de compuși chimici în structura acestuia.

47 Pentru a realiza în camera tehnologică un vid dinamic stabil în domeniul
48 $10 \text{ mbar} \dots 5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ (domeniu în care se pot desfășura exemplele de realizare nr. 2, 3, 4
49 și 5) sistemul de pompare trebuie să fie astfel ales încât debitul acestuia să acopere atât
50 debitul constant al gazelor de proces cât și debitul variabil necesar pentru asigurarea vidului
51 dinamic în domeniul de interes.

RO 132150 B1

Spre exemplu, ținând cont că pentru Dymet 423 debitul maxim de gaz de proces este de $24 \text{ m}^3/\text{h}$, iar pentru PlasmaBeam este de $2 \text{ m}^3/\text{h}$ (adică $Q_{\text{total}} = 26 \text{ m}^3/\text{h} = 7,22 \text{ l/s}$), este necesară utilizarea unei pompe rotative duplex cu ulei, cu vid limită de $5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ (sub presiunea limită a domeniului de interes) și debit de pompare mai mare de $30 \text{ m}^3/\text{h} = 8,33 \text{ l/s}$, pentru asigurarea unui vid dinamic stabil în domeniul $20 \text{ mbar} - 10^{-2} \text{ mbar}$, la procedeul conform exemplelor de realizare nr. 2, 3 și 4. Pentru a se asigura obținerea vidului limită de desfășurare a descărcării luminiscente ($5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$) sistemul de pompare trebuie să aibă presiunea limită cu cei puțin un ordin de mărime mai scăzut decât valoarea de $5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ (și acest lucru poate fi asigurat de un sistem de pompare compus din pompa de vid preliminar duplex și o pompă de vid de tip Roots), iar debitul de pompare trebuie să fie cel puțin dublu față de debitul gazelor de proces.

Revendicări

1. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale pe un substrat, printr-o metodă de producere a unui jet de micropulberi sau/și nanopulberi metalice sau nemetalice, în atmosferă deschisă sau în vid, obținut prin antrenarea acestora cu gaz dinamic la viteză supersonică sau subsonică, cu încărcarea electrică a acestora și depunerea lor pe substrat, **caracterizat prin aceea că**, încărcarea electrică a particulelor de depunere și realizarea unei plasmă complexe se realizează prin utilizarea cvasi-simultană și a unei metode de tratare a suprafeței de depunere cu plasmă de gaz ionizat care interacționează cu jetul de micropulberi sau/și nanopulberi metalice sau nemetalice de depunere.

2. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, producerea și depunerea unui jet de micropulberi sau și nanopulberi metalice și/sau nemetalice este realizată prin metoda Cold Gas Dynamic Spray Deposition, de antrenare a micropulberilor cu gaz dinamic la viteză supersonică în atmosferă deschisă, iar metoda de tratare a suprafeței de depunere este metoda Atmospheric Cold Plasma Surface Treatment, de tratare cu plasmă rece în atmosferă deschisă, utilizarea simultană a acestei metode cu metoda de depunere menționată implicând injectarea jetului de micropulberi în jet de plasmă rece.

3. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că**, utilizarea simultană a unei metode de tratare a suprafeței și de încărcare electrică a particulelor de depunere se realizează prin injectarea jetului de particule în jetul de plasmă rece sau invers înainte de intrarea amestecului într-un spațiu tehnologic vidat în care are loc depunerea și în care se creează astfel o plasmă complexă în vid, în care o parte din particulele de material din jet se încarcă electric.

4. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, producerea și depunerea unui jet de micropulberi sau și nanopulberi metalice și/sau nemetalice este realizată prin metoda Cold Gas Dynamic Spray Deposition iar metoda de tratare a suprafeței de depunere și de încărcare electrică a particulelor de depunere este metoda generării în spațiul tehnologic de depunere și a unei plasmă reci de tip Abnormal Glow Discharge, ce poate fi menținută stabil și vizibil în domeniul $10 \text{ mbar} \dots 5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ de către un sistem de pompare cu debit cel puțin dublu decât debitul gazelor de proces.

5. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, producerea și depunerea unui jet de micropulberi sau și nanopulberi metalice și/sau nemetalice este realizată prin metoda Vacuum Gas Dynamic Cold Spray Deposition, de antrenare a micropulberilor cu gaz dinamic la viteză supersonică, generată printr-un ajutoraj convergent-divergent, într-un spațiu vidat în care, pentru tratarea suprafeței de depunere și de încărcare electrică a particulelor de depunere, este generată și o plasmă rece de tip Abnormal Glow Discharge, ce poate fi menținută stabil și vizibil în domeniul $10 \text{ mbar} \dots 5 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ de către un sistem de pompare cu debit cel puțin dublu decât debitul gazelor de proces.

6. Procedeu de realizare a unor acoperiri funcționale, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, producerea și depunerea unui jet de micropulberi sau și nanopulberi metalice și/sau nemetalice este realizată prin metoda Aerosols Deposition, de depunere a unor micropulberi și nanopulberi pe substrat în formă de aerosoli, într-un spațiu vidat în care, pentru tratarea suprafeței de depunere și încărcarea electrică a particulelor de depunere, este generată și o descărcare luminiscentă de tip Abnormal Glow Discharge ce creează o plasmă complexă.

