

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Tehnologii PVD si CVD de depunere a
acoperirilor pe scule**

Student:

Gaidamac Andrian

Conducător:

I.sup. S. Scaticailov

Chișinău - 2018

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi

Departamentul Tehnologia Construcțiilor de Masini

Admis la susținere

Șef de departament

conf.dr. *Sergiu Mazuru*

„_” _____ 2018

Tehnologii PVD si CVD de depunere a acoperirilor pe scule

Teză de master

Student: _____ (Gaidamac Andrian)

Conducător: _____ (Scaticailov Sergiu)

Chișinău – 2018

REZUMAT

ANDRIAN GAIDAMAC. Tehnologii PVD si CVD de depunere a acoperirilor pe scule. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Tehnologia Construcțiilor de Mașini; 2018. Teză de master: pag. 69; desene - 33; tabele - 4. surse bibliografice – 55.

Lucrarea dată se referă la modernizarea sculelor așchietoare prin depunerea straturilor din vapori bazată pe fenomene fizice (PVD) și chimice (CVD). Au fost analizate: durificarea suprafețelor prin acoperiri CVD și PVD, depunerea straturilor pe scule, procedee de depunere a straturilor, metoda evaporării termice, metoda pulverizării termice (sputtering), principiul pulverizării magnetron, metoda placării ionice, depunerea vaporilor chimici (CVD), depunerea vaporilor fizici (PVD), acoperirea sculelor prin procesul PVD, etapele de acoperire a suprafețelor cu nitrură de titan (PVD), comportamentul la așchiere a sculelor cu straturi depuse.

SUMMARY

ANDRIAN GAIDAMAC. PVD and CVD tool coating technologies. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical, Industrial and Transport Engineering; Machine Building Technology Department; 2018. Master's thesis: page 69; drawings - 33; tables - 4. bibliographic sources - 55.

This paper refers to the modernization of cutting tools by deposition of vapor layers based on physical (PVD) and chemical (CVD) phenomena. The following were analyzed: hardening of surfaces by CVD and PVD coatings, deposition of layers on tools, deposition processes, thermal evaporation method, thermal sputtering method, principle of magnetron spraying, ion plating method, chemical vapor deposition (CVD), deposition physical vapor (PVD), tool coating by the PVD process, titanium nitride (PVD) surface coating steps, coating behavior of coated tools

Cuvinte cheie. procedee, sisteme tehnice, placării ionice, inovarea, transferul tehnologic, nitrură de titan (PVD), evaporării termice.

Keywords. Invention, processes, technical systems, ion plating, innovation, technology transfer, titanium nitride (PVD), thermal evaporation.

	Cuprins	pag
Introducere		6
1.Scule cu acoperiri depuse		8
1.1. Scurt istoric al prelucrărilor prin aşchiere		8
1.2. Avantajele tehnice ale metalurgiei pulberilor		11
1.3. Titanul si acoperiri bazate pe compusii titanului		12
1.4. Considerații generale privind acoperire cu nitrură de titan		15
1.5. Durificarea elementelor active		16
2. Depunerea straturilor pe scule		18
2.1. Procedee de depunere a straturilor		18
2.2. Metoda evaporarii termice		20
2.3. Metoda pulverizarii termice (sputtering)		25
2.3.1. Principiul pulverizarii magnetron		26
2.4. Metoda placarii ionice		30
2.5. Durificarea suprafețelor prin acoperiri CVD și PVD		32
2.5.1. Depunerea vaporilor chimici (CVD)		33
2.5.2. Depunerea vaporilor fizici (PVD)		35
2.5.3. Acoperirea sculelor prin procesul PVD		37
2.5.4. Etapele de acoperire a suprafețelor cu nitrură de titan (PVD)		38
2.6. Comportarea la uzură a sculelor acoperite cu nitrură de titan		39
2.7. Scule acoperite pentru prelucrarea la viteze mari.		41
2.8. Acoperiri cu poliamidă		50
2.9. Acoperire Minicoat		51
2.10. Acoperiri Halar		52
2.11. Acoperiri cu polietilenă (PE)		52
3. Utilaje de depunere și aparatura de control		53
3.1. Instalații pentru acoperiri CVD și PVD		53
4. Cercetări privind durabilitatea sculelor		61
4.1. Cercetări privind durabilitatea tarozilor		61
4.2. Cercetări privind durabilitatea burghiilor		62
Concluzii		64
Bibliografie		66

Introducere

De la inceputul erei industriale, oțelul și fonta au constituit inima progresului din principalele sectoare industriale. În ultima perioadă s-a înregistrat deja o tendință pe termen lung de reducere a cererii pentru produsele din industriile material - intensive, precum și un declin al intensității materiilor prime utilizate. Consumul redus de materiale devine elementul esențial al tehnologiilor de fabricație din țările dezvoltate.

După ce în 1781 Carl Scheel a descoperit wolframul au mai durat 150 de ani până când s-a realizat și utilizat carbura de wolfram în industrie.

Familia aliajelor dure sinterizate constituie o categorie de materiale recent realizate, care prin proprietățile lor au revoluționat tehnica utilizării sculelor și pieselor rezistente la uzură.

Carburile metalice sinterizate (CMS) înțunesc proprietăți fizico-chimice care le conferă largi utilizări în practica și cercetarea industrială.

În 1920 firma producătoare de becuri OSRAM a folosit în producția curentă fire de wolfram, ceea ce a condus la apariția carburilor metalice; acestea în scurt timp au intrat în producția mai multor companii pentru un domeniu larg de aplicații. Primul sort de carbură de wolfram aliată cu cobalt s-a realizat în 1930 și a fost rapid aplicat la acoperirea sculelor din oțel pentru aschiere și minerit. S-a constatat mai apoi, că prin adăugarea TiC și TaC are loc o îmbunătățire remarcabilă a proprietăților fizico-mecanice cum ar fi: rezistența la temperaturi înalte, duritatea, rezistența la oxidare. Primele semne încurajatoare au fost semnalate în industria minieră. Primele scule pentru minerit realizate din carburi metalice sinterizate au dus la creșterea duratei de viață a acestora de circa zece ori mai mult comparativ cu sculele realizate din oțel. Dacă în 1930 s-au fabricat cca. 10 tone de carburi metalice, în 1935 se realizau 100 tone ajungând ca în 1960 producția să fie de 10.000 tone, iar în prezent se fabrică în jur de 30.000 tone anual.

Se apreciază de asemenea că peste 50 % din consumul mondial de CMS este deja destinat industriei extractive (în operațiunile de forare a petrolului și a gazelor naturale, de exploatare a cărbunelui, etc).

Producția de CMS consumă cca. 60% din producția mondială de wolfram (cca. 50.000 tone anual wolfram) și cca. 5 % din cea de cobalt din 25.000 tone /an cobalt.

Având în vedere că aliajele dure sinterizate sunt materiale care trebuie să combine și să confere în cel mai înalt grad caracteristici complementare cum sunt duritatea și tenacitatea, se apreciază că în următorii 50 de ani vor domina în continuare piața materialelor pentru scule,

plăcuțe aschietoare , inserții pentru minerit , matrițe si filiere pentru deformare la rece si la cald, etc. paralel cu apariția si dezvoltarea unor noi materiale cu caracteristici performante, (materiale ceramice, materiale de sinteză pe bază de nitrură de bor, diamante sintetice, etc).

In paralel cu noile tehnici de depunere CVD si PVD care au dus la o imbunătățire spectaculoasă a duratei de viață a sculelor (cca. 10 ori mai mare) au apărut si noi metode de măcinare, uscare prin pulverizare, care au condus si ele la imbunătățirea proprietăților si performanțelor aliajelor duresinterizate. Din cele de mai sus rezultă importanța deosebită pe care o au *structura aliajelor dure si implicit importanța operației de sinterizare*.

Ca o concluzie la cele prezentate in continuare sunt reliefate cateva aplicații ale acestor aliaje dure:

- Plăcuțe aschietoare;
- Sape de foraj;
- Inserții pentru minerit ;
- Ecrane termice;
- Miezuri de străpungere a blindajelor;
- Matrițe si filiere pentru deformarea la rece si la cald;
- Ecrane pentru raze gama;
- Scule pentru prelucrările electrochimice;
- Ecrane pentru cuptoare
- Termocuple.

Eficiența economică a metalurgiei pulberilor se manifestă pe mai multe planuri, antrenand pelangă economiile directe sau indirecte de metal sau energie si următoarele aspecte:

- imbunătățirea performanțelor si parametrilor funcționali ai utilajelor pe care sunt
- montate piese sinterizate;
- mărirea productivității unor procese tehnologice care folosesc produse ale metalurgiei pulberilor;
- recondiționarea produselor masive si complexe;
- recuperarea unor deseuri sub forma de pulberi metalice (oxizi de fier, deseuri decupru tehnic);
- valorificarea superioară a metalului

Bibliografie

1. Pasko, R. - Przybylski, L. & Slodki, B. High speed machining (hsm) – the effective way of modern cutting. International Workshop CA Systems And Technologies. Disponibil la: http://fstroj.utc.sk/journal/engl/papers/034_2002.pdf
2. Carmen Cezarina Ionescu (Burlibaşa). Contribuții teoretice și experimentale privind strunjirea cu viteze mari. Rezumatul tezei de doctor. Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, 2012, 68 p.
3. Physical vapor deposition. Disponibil la: https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_vapor_deposition
4. Chemical vapor deposition. Disponibil la: https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_vapor_deposition
5. Durificarea elementelor active ale stantelor si matritelor prin depunerea vaporilor chimici (CVD) si depunerea de vapori fizici (PVD). Disponibil la: <http://www.scribub.com/tehnica-mecanica/Durificarea-elementelor-active8215241917.php>
6. Placarea sculelor aschietoare cu Nitrura de Titan – TiN. Disponibil la: <http://www.artool.ro/articole/Articles-Detail/52-Placarea-sculelor-aschietoare-cu-Nitrura-de-Titan---TiN/0>
7. Tehnologii de modificare asuprafetei componentelor metalice. Disponibil la: <http://www.rasfoiesc.com/educatie/fizica/tehnologii-de-modificare-asupr57.php>
8. Cristina Ionici. Perspective Și dezvoltare în metalurgia pulberilor. Analele Universității “Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu, Seria Litere și Științe Sociale, Nr. 4/2012. Disponibil la: http://www.utgjiu.ro/revista/lit/pdf/2012-04/5_cristina_ionici.pdf
9. Proprietatile straturilor subtiri de TiC. Disponibil la: <http://www.creeaza.com/referate/chimie/proprietatile-straturilor-subt498.php>
10. Bădărău, E. .Fizica descărcării în gaze, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1992
11. Tehnologii de realizare a pieselor sinterizate; structura si proprietatile materialelor sinterizate. Disponibil la: <http://www.scribub.com/tehnica-mecanica/tehnologii-de-realizare-a-pies10257120.php>
12. Ioan Vida-Simiti. Proprietăți tehnologice in metalurgia pulberilor. Disponibil la: <https://www.scribd.com/document/260401460/Curs-Proprietati-Tehnologice-in-Metalurgia-Pulberilor>

13. Mircea Corban. Compozite hibride realizate prin metalurgia pulberilor. Editura Ars Academica, București, 2008. http://arsacademica.ro/images/pdf/36_compozite--hibride_nou_bt.pdf
14. Titan. Disponibil la: <https://ro.wikipedia.org/wiki/Titan>
15. Sergiu Lungu. Considerații privind creșterea durabilității organelor active de la mașinile agricole pentru prelucrat solul și semănat. Teza de Doctorat. Disponibil la: http://www.tuiasi.ro/uploads/files/Rezumat_teza_S_Lungu.pdf
16. Rotariu Constantin. Contribuții teoretice și experimentale privind creșterea durabilității unor straturi subțiri tribologice depuse prin metoda PVD. Teza de Doctorat. Disponibil la: http://www.tuiasi.ro/uploads/files/Rezumat_teza_C_Rotariu.pdf
17. Sputter deposition. Disponibil la: https://en.wikipedia.org/wiki/Sputter_deposition
18. Klocke E.h. F. Cutting materials, tools and coolants for machining with geometrically defined cutting edges – part 1. Disponibil la: http://www1.diccism.unipi.it/Valentini_Renzo/es%20Metallurgia%20Meccanica/utensili.pdf
19. Acoperiri cu poliamidă. Disponibil la: http://www.biroplast.ro/ro_p_Acoperire_poliamida.php
20. Acoperire Minicoat. Disponibil la: http://www.biroplast.ro/ro_p_Acoperire_cu_minicoat.php
21. Acoperiri Halar. Disponibil la: http://www.biroplast.ro/ro_p_Acoperiri_Halar.php
22. Acoperiri cu polietilenă (PE). Disponibil la: http://www.biroplast.ro/ro_p_Acoperiri_cu_polietilena.php.
23. Mazuru Sergiu, Vaculenco Maxim, Bostan Ion, Scaticailov Serghei. Process for forming the micro-relay regularly on the surface of the gear teeth. http://www.euroinvent.org/cat/E2020_Posters_1_international.pdf, p. 109.
24. Mazuru Sergiu, Lealin Stanislav, Vaculenco Maxim, Bostan Ion. Wheel – satellite. http://www.euroinvent.org/cat/E2020_Posters_1_international.pdf, p.108.
25. Trifan Nicolae, Mazuru Sergiu. Toothpick hardening device. http://www.euroinvent.org/cat/E2020_Posters_1_international.pdf, p.107.
26. Mazuru Sergiu, Trifan Nicolaie, Mazuru Alexandru. Thermogazocyclic nitration process. http://www.euroinvent.org/cat/E2020_Posters_1_international.pdf, p. 106.
27. Mazuru Sergiu, Vaculenco Maxim, Bostan Ion, Scaticailov Serghei. Gear Proceeing procedure. Inventica 2020. <http://ini.tuiasi.ro/salon/wp-content/uploads/sites/3/2020/07/Volum-inven%C8%9Bii.pdf> p.410.
28. Mazuru Sergiu, Trifan Nicolaie, Alexandru Mazuru. Scula abraziva. Inventica 2020. <http://ini.tuiasi.ro/salon/wp-content/uploads/sites/3/2020/07/Volum-inven%C8%9Bii.pdf>, p.411.
29. Mazuru Sergiu, Trifan Nicolaie, Alexandru Mazuru. Wet pressing process of metal Powder. Inventica 2020. <http://ini.tuiasi.ro/salon/wp-content/uploads/sites/3/2020/07/Volum-inven%C8%9Bii.pdf> p.412.

30. Mazuru Sergiu, Vaculenco Maxim, Bostan Ion, Scaticailov Serghei. Bevel gear wheels execution procedure. <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2020.pdf>, p. 355.
31. Mazuru Alexandru, (MD); Trifan Nicolae, (MD); Toca Alexei, (MD); Mazuru Sergiu. Process for bevel gear manufacturing. <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2020.pdf>, p.353.
32. Mazuru Sergiu, Trifan Nicolaie, Alexandru Mazuru. Drying plant for fruit and vegetables. <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2020.pdf>. p.354.
33. Sergiu Mazuru, Maxim Vaculenco, Serghei Scaticailov, Ion Bostan. Process for machining of gearwheels consists, <http://www.euroinvent.org/cat/e2019.pdf>, p.179.
34. Pavel Cosovschi, Sergiu Mazuru, Device for glassware moulding by vacuum suction method. <http://www.euroinvent.org/cat/e2019.pdf>, p. 180.
35. Alexandru Mazuru, Alexei Toca, Sergiu Mazuru. Procedure for making conical gears. <http://www.euroinvent.org/cat/e2019.pdf>, p. 179.
36. Mazuru Sergiu, Lialin Stanislav, Vaculenco Maxim și Bostan Ion. SATELLITE WHEEL <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2019.pdf>, p.356.
37. Mazuru Alexandru, Topala Pavel, Toca Alexei, Scaticailov Serghei, Mazuru Sergiu, Lubricant-coolant fluid, https://depmus.000webhostapp.com/inventica/PDF/Volum_INVENTICA_2019.pdf, p. 300.
38. Mazuru Sergiu, Bostan Ion, Vaculenco Maxim, Ciotu Andrei, Process for shaving of precession gear teeth, https://depmus.000webhostapp.com/inventica/PDF/Volum_INVENTICA_2019.pdf, p. 301.
39. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. One of the methods for grinding a gear ring and changing the design of the precessional transmission. Conference: international Workshop on Surface Engineering & 5th International Workshop on Applied and Sustainable Engineering At:, <http://www.workshop.tu.koszalin.pl/2018/abstracts.html>. 2018
40. Bostan I., Mazuru S., Casian M., Method of axial adjustment for precessional transmissions. MATEC Web of Conferences 178:06024, . DOI: [10.1051/mateconf/201817806024](https://doi.org/10.1051/mateconf/201817806024), 2017.
41. Mazuru S., Scaticailov S. , Stingaci I. Grinding of the gears with high depth processing. MATEC Web of Conferences 112:01019. DOI: [10.1051/mateconf/201711201019](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019), 2017.
42. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. The processing accuracy of the gear. MATEC Web of Conferences 112:01026. DOI: [10.1051/mateconf/201711201026](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026), 2017.
43. Mazuru S. Procedee tehnologice de generare a profilurilor nestandarde ale angrenajelor precesionale. Autoreferatul tezei de dr. hab., <http://repository.utm.md/handle/5014/4259>. 2019.

44. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim. Transmisie precesională. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 1116, BOPI Nr. 1/2017.
45. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim, Procedeu de reglare a jocului axial in angrenajul conic, Brevet de invenție de scurtă durată B.I. 1217. BOPI nr. 12/2017.
46. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim, Roată-satelit, Brevet de invenție de scurtă durată B.I. 4731. BOPI nr. 3/2019.
47. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim. Procedeu de prelucrare a dinților angrenajului precesional. Brevet de invenție B.I. 4700. BOPI nr. 07/2020.
48. Cercetarea preciziei de poziționare a turelei cu scule a mașinii-unelte cu CNC. Indicație metodică. I. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2016.
49. Programul Inginerie Inovationala și Transfer tehnologic. Indicație metodică. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018.
50. Programul Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Indicație metodică. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2018. .
51. Tehnologia construcțiilor de mașini. Indicații metodice. Parte 2. A. Toca. Rușica, S. Mazuru. Editura Tehnica-UTM. 2019.
52. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a technical object" . Nonconventional Technologies revive volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara Romania pp . 23-29, ISSN: 2359-8646;
53. Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
54. Bostan Ion, Mazuru Sergiu & Casian Maxim. Axial adjustment method for precessional transmissions, TEHNOMUS jurnal. Nr. 17.2017. Suceava ISSN-1224-029X.
55. Mazuru S., S. Scaticailov. Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate /Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Dep. Tehnologia Construcțiilor de Mașini. – Chișinău : Tehnica-UTM, 2018. – 397 p. : fig., tab.

