

## REZUMAT

a proiectul 20.80009.5007.18, program de Stat (2020–2023) cu tema:

### **Obținerea de noi materiale micro- și nanostructurate prin metode fizico-chimice și elaborarea tehnologiilor pe baza acestora**

Prezentul proiect este destinat dezvoltării metodelor de prelucrare electrochimică, prin scânteii electrice și pulverizare magnetron în scopul obținerii straturilor superficiale ale metalelor cu proprietăți impuse. Conform programului proiectului în anul 2023 au fost preconizate activități privind testarea experimentală a diverselor tehnologii în condiții de laborator, precum și cu utilizarea bazei clusterului tehnico-științific Elchim-Moldova, au fost elaborate propuneri privind determinarea domeniilor de utilizare efectivă și transfer tehnologic, recomandări pentru implementare. Un interes deosebit îl constituie influența densității volumetrică al curentului (DVC) asupra componentei și a proprietăților aliajelor rezultate, dependența acestora de aria suprafeței piesei-electrod. S-a demonstrat că creșterea DVC până la o densitate de curent fixă (atât datorită creșterii ariei de electrodepunere, cât și scăderii volumului băii la o arie fixă) duce la o scăderea microdurității atât a aliajelor Co-W cât și Fe-W. Aceste rezultate au o importanță fundamentală pentru transferul pe scară largă a tehnologiei codepunerii induse a unor astfel de acoperiri, rezolvând una dintre principalele probleme ale chimiei și electrochimiei aplicate – transferul de la testele de laborator la tehnologia industrială.

În baza investigațiilor fazo-structurale și a calității acoperirilor formate în rezultatul alierii prin scânteii electrice au fost optimizați parametrii energetici (energia descărcării electrice în impuls) și cei tehnologici (forma mișcării electrozilor compacți în raport cu suprafața de prelucrare, diametrul și forma geometrică a particulelor pulberii). Astfel, s-a stabilit că la prelucrarea cu electrozi compacți din materiale (metale pure și compuși) temperatura de topire a cărora nu depășește 1500°C, valoarea energiei descărcării electrice în impuls constituie cca (0,3-0,9)J, iar la prelucrarea cu pulberi (0,9-3,0). S-au optimizat și parametrii tehnologici ai procesului. S-a stabilit că diametrul optim al particulelor se află în limita 80-120μm. S-a efectuat testarea rezistenței la uzură a acoperirilor din carburi metalice TiC și WC pe oțelurile de construcții, titan și aliajele lui. Rezultatele încercărilor au demonstrat, că indiferent de componența materialelor acoperirii, în toate cazurile rezistența la uzură a acestora a fost substanțial mai mare, decât a oțelurilor neacoperite. Testările la coroziune în soluție de 3% NaCl a acoperirilor au demonstrat o rezistență considerabilă la coroziune (cu două ordine) a acoperirilor din TiC și WC depuse la alierea cu pulberi, în raport cu suprafețele metalelor neacoperite. Au fost elaborate recomandări privind domeniile de implementare a tehnologiilor. Acestea se referă la majoritatea întreprinderilor industriale și de întreținere a tehnicii din sectoarele mecano-energetic, agroindustrial, întreprinderile de reparații și alte societăți ce au în dotare diferite mecanisme, agregate, echipamente, care necesită întreținere.

Au fost obținute bionanostructuri acoperite în bază de hidroxiapatită (HA) și biosticlă (BS) (HA, BS, BS-Zn, BS-Ce, HA-BS) pe substrat de oțel medicinal (316L) prin metoda pulverizării magnetron în regim de radiofrecvență (RF-MS) și stabilite influența condițiilor de obținere și a materialelor inițiale utilizate asupra structurii, proprietăților mecanice, bioactive și biocompatibile. Prelucrarea (nanostructurarea) prin deformare plastică severă a substratului de oțel a contribuit la o adeziune mai înaltă a filmelor de HA și BS. Adeziunea mai scăzută a nanocompozitului HA-BS a fost depășită prin aplicarea tratamentului termic ulterior. Toate acoperirile au proprietăți durificante, adică depășesc duritatea substratului de oțel. Astfel, duritatea filmelor măsurată la nanoindentare cuprinde valori în mediu de 5-6 GPa, comparativ cu duritatea în jur de 3 GPa a oțelului. La fel, acoperirile obținute prin metoda magnetron au o duritate superioară aceluiași materiale de volum obținute prin sinterizarea pulberilor. Bioactivitatea materialelor obținute a fost demonstrată prin formarea pe suprafața lor a stratului de carbo-HA, care contribuie la osteointegrarea materialului în țesutul osos, iar biocompatibilitatea lor a fost demonstrată printr-o viabilitate celulară cuprinsă între 94 și 99%.

The present project is intended for the development of electrochemical processing methods, through electric sparks and magnetron spraying in order to obtain the surface layers of metals with required properties. According to the project program in 2023, activities regarding the experimental testing of various technologies in laboratory conditions were expected, as well as with the use of the base of the Elchim-Moldova technical-scientific cluster, proposals were developed regarding the determination of the areas of effective use and technological transfer, recommendations for implementation. Of particular interest is the effect of volumetric current density (DVC) on the composition and properties of the resulting alloys, their dependence on the surface area of the part-electrode. Increasing the DVC up to a fixed current density (both due to increasing the electrodeposition area and decreasing the bath volume at a fixed area) has been shown to lead to a decrease in the microhardness of both Co-W and Fe-W alloys. These results are of fundamental importance for the large-scale transfer of the technology of induced co-deposition of such coatings, solving one of the main problems of applied chemistry and electrochemistry – the transfer from laboratory tests to industrial technology. On the basis of phase-structural investigations and the quality of the coatings formed as a result of alloying by electric sparks, the energy parameters (the energy of the electric discharge in impulse) and the technological ones (the shape of the movement of the compact electrodes in relation to the processing surface, the diameter and the geometric shape of the powder particles) were optimized. Thus, it was established that when processing with compact electrodes made of materials (pure metals and compounds) whose melting temperature does not exceed 1500°C, the value of the energy of the electric discharge in impulse is about (0.3-0.9)J, and when processing with powders (0.9-3.0)J. The technological parameters of the process were also optimized. It was established that the optimal diameter of the particles is in the range of 80-120µm. Wear resistance testing of TiC and WC metal carbide coatings on structural steels, titanium and its alloys was performed. The results of the tests demonstrated that regardless of the composition of the coating materials, in all cases their wear resistance was substantially higher than that of uncoated steels. Corrosion tests in 3% NaCl solution of the coatings demonstrated considerable corrosion resistance (by two orders of magnitude) of powder alloyed TiC and WC coatings compared to uncoated metal surfaces. Recommendations were developed regarding the fields of technology implementation. They refer to the majority of industrial and technical maintenance enterprises in the mechanical-energy, agro-industrial sectors, repair enterprises and other companies equipped with various mechanisms, aggregates, equipment that require maintenance. Bionanostructures coated in hydroxyapatite (HA) and bioglass (BS) (HA, BS, BS-Zn, BS-Ce, HA-BS) were obtained on a medical steel substrate (316L) by the magnetron sputtering method in radio frequency mode (RF-MS) and established the influence of the obtaining conditions and the initial materials used on the structure, mechanical, bioactive and biocompatible properties. Processing (nanostructuring) by severe plastic deformation of the steel substrate contributed to higher adhesion of the HA and BS films. The lower adhesion of the HA-BS nanocomposite was overcome by applying the subsequent heat treatment. All coatings have hardening properties, i.e. they exceed the hardness of the steel substrate. Thus, the hardness of the films measured at nanoindentation includes values in the range of 5-6GPa, compared to the hardness of around 3GPa of steel. Similarly, the coatings obtained by the magnetron method have a higher hardness than the same volume materials obtained by sintering the powders. The bioactivity of the obtained materials was demonstrated by the formation of the carbo-HA layer on their surface, which contributes to the osseointegration of the material in the bone tissue, and their biocompatibility was demonstrated by a cell viability between 94 and 99%.