

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2022

privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020–2023)

*"Obținerea de noi materiale micro-și nano-structurate prin metode fizicochimice și elaborarea tehnologiilor pe baza acestora"*

**Cifrul: 20.80009.5007.18**

Prioritatea Strategică \_\_\_\_\_ Materiale și tehnologii noi \_\_\_\_\_

Directorul organizației

MACOVEI Mihai, dr. hab

(numele, prenumele)



(semnătura)

Consiliul științific/Senatul

COJOCARU Ion

(numele, prenumele)

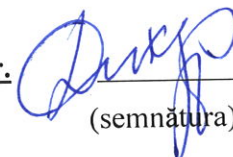


(semnătura)

Conducătorul proiectului

DICUSAR Alexandr, m. cor.

(numele, prenumele)



(semnătura)



Chișinău 2022

## **1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)**

Elaborarea în diverse variante a tehnologiilor de obținere și utilizare a acoperirilor nanostructurate electrochimice, de electrodescărcare și biocompatibile, pentru a determina eficiența acestora în diferite aplicații.

## **2. Obiectivele etapei anuale (obligatoriu)**

1. Pe baza elaborării mecanismului de codepunere indusă a metalelor grupului de fier cu wolframul, se elaborează bazele diverselor variante ale tehnologiei de obținere a acoperirilor electrochimice nanocristaline ale metalelor grupului de fier cu wolframul din electroliți, care reduc impactul negativ asupra mediului înconjurător; pentru a determina posibilitatea diverselor aplicari tehnice.
2. Elaborarea tehnicii de depunere a acoperirilor cu straturi duble hidroxiapatită-biosticlă (HA-BS) pe substratul de oțel nanostructurat. Caracterizarea chimică, structurală, mecanică și biologică a acoperirilor obținute. Cercetarea influenței condițiilor de depunere prin pulverizare magnetron (MS) asupra proprietăților mecanice a sistemului BS/HA/oțel.
3. Studiu privind creșterea grosimii acoperirilor formate la prelucrarea consecutivă cu electrozi din diferite materiale, cât și la acțiunea suplimentară asupra procesului cu surse energetice din exterior.

## **3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)**

1. Se vor cerceta diverse variante de utilizare ale tehnologiilor, inclusiv electrodepunerea galvanostatică și cu curent de impulsuri, pentru sporirea capacității de difuzie a electroliților, precum și pentru a determina posibilitățile de electrodepunere locală.
2. Vor fi efectuate cercetări cu scopul determinării condițiilor de depunere MS pentru obținerea bionanostructurilor acoperite BS/HA/oțel. Vor fi efectuate teste mecanice de adeziune, uzură (sclerometrice), duritate și elasticitate prin metodele MNI, la fel și teste biologice pentru acoperirile duble HA-BS și sistemul BS/HA/oțel.
3. La etapa dată vor fi studiate o serie de proprietăți a acoperirilor obținute, cum ar fi duritatea, rezistența la uzură, rezistența la coroziune, determinarea tensiunilor remanente ș. a.

## **4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)**

1. S-au obținut rezultate de verificare a diverselor variante ale tehnologiei de formare a acoperirilor electrochimice nanocristaline ale metalelor grupului de fier cu wolframul, inclusiv depunerea cu utilizarea curentului continuu, precum și diverse variante de electrodepozitare cu curent de impulsuri, pentru a determina posibilitatea de control a proprietăților (microduritatea și rezistența corozivă), de sporire a capacității de difuzie a electroliților și de localizare a procesului de electrodepunere.
2. S-au depus acoperiri cu straturi duble HA-BS pe substrat de oțel. S-a determinat influența condițiilor de depunere MS asupra proprietăților mecanice a sistemului BS/HA/oțel.

3. S-au obținut acoperiri la durificarea consecutivă prin scânteii electrice cu electrozi din diferite materiale, dar care conform diagramei de echilibru formează compuși metalici. Deasemenea s-au format acoperiri din materiale care au tendința de amorfizare.

## 5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

1. Elaborarea metodelor electrochimice de obținere a acoperirilor din aliaje de metale din grupa fierului cu metale refractare (W, Mo, Re), care, de regulă, sunt nanocristaline, este asociată cu o serie de motive: microduritatea acestora și rezistența la coroziune ridicate, proprietăți catalitice în reacția de degajare a hidrogenului, capacitatea de a controla proprietățile magnetice. Sunt prezentate posibilitățile de obținere a acestora sub formă de pelicule subțiri și structuri cvasi-unidimensionale (nanotuburi, nanofire, nanobare). Interesul pentru obținerea unor astfel de aliaje se datorează nu numai posibilităților largi de aplicare a acestora, ci și persistenței unor probleme în mecanismul de electrodepunere, care în prezent este subiectul discuțiilor. În special, electrodepunerea unor astfel de aliaje a fost clasificată ca anormală, deoarece metodele electrochimice clasice pentru supravegherea componenței aliajelor nu sunt aplicabile: este imposibil să se depună W, Mo, Re dintr-o soluție apoasă. Electrodepunerea acestora a fost calificată ca fiind codepozitare indusă (induced codeposition) (un complex de metal din grupa fierului (Fe, Co, Ni) – „induce” depunerea unui metal refractar într-un aliaj în care concentrația acestuia poate ajunge la 50% (greutate) sau mai mult.

Pentru procesele de electrodepunere a unor astfel de aliaje, se observă o serie de „anomalii”: componența și proprietățile acestora sunt determinate nu numai de structura electrolitului, pH-ul soluției, curentul (potențialul electrodului), ci și, menținând în același timp, componența și parametrii electrochimici (indicați mai sus) constanți, care depind de suprafața pe care se efectuează depunerea (există un efect macroscopic de dimensiune a componenței și proprietăților (microduritate, rezistență la coroziune) suprafețelor obținute).

Datele experimentale obținute, demonstrează că efectul de dimensiune macroscopic stabilit și descris anterior al proprietăților suprafeței în procesul codepotizării induse a metalelor din grupa fierului cu metale refractare constituie un caz special al efectului de dimensiune macroscopic al componenței aliajului. Aceasta înseamnă că înlăturarea stratului de suprafață prin șlefuire abrazivă sau dizolvare anodică nu ar trebui să determine eliminarea acestuia și, prin urmare, nu poate fi o soluție vizând problema transferului pe scară largă de la testarea de laborator la tehnologie. Acest fenomen este evidențiat din caracteristica descendentă a microdurității în funcție de densitatea volumetrică a curentului. Pentru a spori microduritatea, s-a aplicat prelucrarea ciclică de catod-anod cu tratament consecutiv cu un curent catodic de o densitate de 2 A/dm<sup>2</sup> și un curent anodic de aceeași densitate și un raport de încărcare a perioadelor catodului și anodului de 10:1 (30 de minute din ciclul catodic și 3 minute din ciclul anodic). Ca urmare, se observă o creștere a microdurității până la 20% la  $I/v = 100 \text{ mA/L}$ , influența densității volumetrică de curent scade, iar efectul dimensional se menține.

Se demonstrează că raportul dintre Co și W din acoperire nu se modifică în timpul tratamentului catod-anodic (în comparație cu tratamentul catodic), spre deosebire de valorile măsurate ale microdurității, ceea ce pare evident, deoarece tratamentul anodic înlătură doar stratul de

suprafață alterat și nu modifică componența aliajului și, așa cum se arată mai sus, se caracterizează și prin prezența unui efect de dimensiune macroscopic.

Prezența a cel puțin doi factori care provoacă un efect macroscopic de dimensiune – o modificare a raportului dintre componentele aliajului din acoperire și formarea unui strat de suprafață de oxid-hidroxid și hidrogenat – este o consecință a mecanismului de producere a aliajului. Există toate motivele să presupunem că obținerea aliajului se bazează pe interacțiunea de suprafață a doi intermediari (clusteri) – un compus de wolfram într-o stare intermediară de oxidare (format în stadiul I) și un intermediar al reducerii complexului metal-depunător (se formează în stadiul II). Una dintre variantele „clusterului de wolfram” poate fi „albastrul de wolfram (molibden)”. Creșterea densității volumetrică a curentului deplasează potențialul în direcția catodului, atunci când densitatea de curent e fixă, iar sporirea acesteia duce la creștea concentrației W în aliaj. O modificare a concentrației de wolfram, la rândul său, modifică structura acoperirilor obținute, contribuie, împreună cu formarea de soluții solide, la formarea de compuși intermetalici în aliaj. În același timp, sporirea densității de curent induce posibilitatea participării moleculelor de apă la procesul de obținere a unui aliaj. Aceasta, la rândul său, duce la formarea de oxid-hidroxid și straturi de suprafață hidrogenate, care reduc microduritatea.

Din cele expuse mai sus rezultă o concluzie univocă: pentru transferul pe scară largă în timpul codepunerii induse a aliajelor de metale din grupa fierului cu wolframul la o componență dată a băii, pH-ul acesteia, temperatura, densitatea curentului (potențialul), este, de asemenea, necesar să se mențină o valoare constantă a densității volumetrică de curent. Motivul acestui fapt constă în componența specifică a electroliților utilizați pentru depunere. Evident, viteza de modificare a concentrației metalului-depozitant este determinată de valoarea densității volumetrică a curentului. Cu toate acestea, un efect semnificativ al modificărilor proprietăților volumetrică ale electrolitului și al concentrației acestuia va avea loc numai dacă complexul în sine are o greutate moleculară mare. În acest caz, discompunerea sa în timpul electrodepozitării cu eliminarea unui metal din grupa fierului și wolframului sub formă de fază solidă ar trebui să ducă la atingerea unor valori ridicate ale vitezei de modificare a concentrației metalului-depunător.

2. Au fost efectuate investigații sistematice ale procesului alierii prin scânteii electrice, în special prelucrarea succesivă cu electrozi din metale care drept rezultat al interacțiunii formează compuși metalici cu proprietăți fizico-mecanice înalte și au fost stabilite legitățile formării straturilor cu grosimi de până la 500  $\mu$ . S-a stabilit că, în cazul prelucrării succesive cu electrozi din titan, nichel și aluminiu, în straturile formate au loc transformări alotropice, în urma cărora se obțin compușii TiNi, Ti<sub>2</sub>Ni, TiAl<sub>2</sub>, TiAl<sub>3</sub>, Ti<sub>3</sub>Al. S-a studiat, de asemenea, procesul alierii prin scanteii electrice cu electrozi din metale cum ar fi Ti, Ta, W cu înaltă afinitate față de carbon în vederea obținerii carburilor de tip MeC.

Au fost elaborate o serie de machete funcționale de generatoare de impulsuri electrice cu un diapazon larg de variere a parametrilor energetici, fapt ce a permis optimizarea procesului de formare a acoperirilor de înaltă calitate: continuitate și uniformitate a grosimii. În scopul eficientizării procesului de formare a acoperirilor durificate și creșterii grosimii acestora, au fost propuse și realizate mai multe variante ale alierii prin scânteii electrice:

a) îmbinarea într-un proces tehnologic unic a prelucrării cu electrod-anod compact și introducerea simultană în interstițiul dintre anod (electrodul de prelucrare) și catod-piesă a pulberii din același material ca și al anodului, ceea ce a sporit considerabil productivitatea formării stratului și creșterea grosimii acestuia;

b) utilizarea aplicatoarelor cu electrozi rotativi în plan perpendicular pe suprafața catodului-piesă, ceea ce, de asemenea, a sporit mărirea grosimii straturilor formate.

Analiza cu raze X și cu ajutorul microscopului cu scanare electronică ne-a permis să descoperim în straturile formate faze nanocristaline și amorse, care, în opinia noastră, au contribuit la augmentarea proprietăților fizico-mecanice ale acoperirilor sintetizate. Astfel, testările tribologice și ale rezistenței la coroziune au demonstrat extinderea spectaculoasă a acestor caracteristici.

3. A fost realizată optimizarea metodei de pulverizare magnetron (MS - „magnetron sputtering”) prin elaborarea unui nou modul RF (de radiofrecvență) pentru obținerea acoperirilor biomedicale de hidroxiapatită (HAP) și biosticlă (BS) pe substrat de oțel medicinal 316 cu proprietăți îmbunătățite (structura, adeziune). Cu utilizarea modului RF nou au fost depuse filme de HAP/otel (grosimea filmului 312 nm). Cercetarea proprietăților mecanice cu utilizarea metodei de nanoindentare a demonstrat o adeziune bună a filmului de substrat, ce se manifesta prin lipsa zonei delaminate din jurul amprentelor. La fel, duritatea (H) a sistemului HAP/otel a demonstrat valori de 2.01, 2.68 și 5.44 GPa pentru sarcini (P) aplicate de 400, 100 și 8 mN, respectiv. Luând în considerare, ca adâncimea de penetrare a indenterului în material (hp) a fost de 2717, 1169 și 203 nm, respectiv, pentru sarcinile indicate mai sus, valoarea durității măsurate la 8 mN este mai puțin influențată de substrat (hp = 203 nm față de grosimea filmului de 312 nm) și reflectă în mai mare măsură duritatea reală a filmului. Pe când pentru P de 400 și 100 mN duritatea este în mare măsură influențată de substrat și reflectă mai mult duritatea substratului de oțel. Duritatea de 5.44 GPa a filmului HAP este mai mare comparativ cu duritatea probei HAP de volum (obținută prin compactarea și sinterizarea la  $T=1250^{\circ}\text{C}$ ), care a demonstrat valori de 4.33 GPa, ce este important pentru potențialele utilizări ale acestor sistemelor acoperite HAP/otel în calitate de implanturi.

Cu utilizarea MS au fost obținute sisteme acoperite film HAP-BG (film de HAP cu 10% adaos de biosticlă pentru majorarea bioactivității filmului de compoziție boro-magnezio-silico-fosfatică cu dopanți de Ce și Zn pentru proprietăți antibacteriene) pe substrat de oțel 316L. Aceste sisteme acoperite HAP-BG/otel au demonstrat o adeziune mai joasă comparativ cu sistemele HAP/otel, ce s-a dovedit prin formarea unei zone pronunțate delaminate din jurul amprentelor la nanoindentare. Tratatamentul termic al probelor la  $550^{\circ}\text{C}$  timp de 1 ora a majorat adeziunea filmului HAP-BG de substrat, ce s-a demonstrat prin dispariția zonelor delaminate din jurul amprentelor la nanoindentarea probelor supuse tratamentului termic. După tratamentul termic însă a avut loc scăderea durității filmului de la 4.28 GPa la 3.25 GPa. Natura acestei scăderi este legată de modificarea structurii filmului, de obicei are loc cristalizarea hidroxiapatitei sub acțiunea temperaturii, fapt care însă nu a putut fi demonstrat experimental prin măsurările XRD – difractogramele obținute nu au demonstrat pic-uri clare.

Pentru majorarea adeziunii, în special pentru metoda de depunere a filmelor “dip-coating”, care demonstrează o adeziune scăzută, a fost elaborată o metoda mecano-chimică de structurare a substratului de oțel prin prelucrarea mecanică cu abraziv și tratamentul chimic ulterior. Au fost

utilizate doua tipuri de prelucrarea mecanica cu abraziv – randomizata si ordonata, dupa care se formeaza o suprafata cu un “scratching” sistem de structura aleatorie sau sub forma de plasa. Aceasta structura se completeaza cu gropite de corodare chimica, densitatea carora depinde de densitatea “scratching” sistemului introdus mecanic. Utilizarea suprafetei nanostructurate a otelului demonstreaza o majorare a adeziunii filmului.

## **6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu)**

### **1. Monografii (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)**

#### **2. Capitole în monografiile naționale/internaționale**

#### **3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

**1.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Relaxation Parameters of Cu/substrate Type Coated Systems Under Nanoindentation. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 55—61. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_8.

**2.COLIBABA G.; RUSNAC, D.; FEDOROV, V.; COSTRIUCOVA, N.; MONAICO, E.; POTLOG, T.** Highly Conductive ZnO Thin Films Deposited Using CVT Ceramics as Magnetron Targets. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 110—116. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_15.

**3.COLIBABA, G.; COSTRIUCOVA, N.; RUSNAC, D.; BUSUIOC, S.; MONAICO, E.** Wettability of Highly Conductive ZnO:Ga:Cl CVT Ceramics with Various Ga Content. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 610—616. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_78.

#### **4. Articole în reviste științifice**

*4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS.*

**1.VAINORIS, M.; NICOLENCO, A.; TSYNTSARU, N.; PODLAHA-MURPHY, E.; ALCAIDE, F.; CESIULIS, H.** Electrodeposited Fe on Cu foam as advanced fenton reagent for catalytic mineralization of methyl orange // Front Chem. 2022, 10, 977980-1—977980-10. Doi: 10.3389/fchem.2022.977980 (IF: 5,545).

**2.SHIKIMAKA, O.; BIVOL, M.; SAVA, B.; DUMITRU, M.; TARDEI, Ch.; SBARCEA, B.; GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; TOPAL, D.; PRISACARU, A.; COBZAC, V.; NACU, V.** Hydroxyapatite-Bioglass Nanocomposites Modified by Processing Method and Composition: Structural, Mechanical and Biological Aspects, Beilstein Journal of Nanotechnology (under publication). IF - 3.649

**3.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Influence of substrate type on deformation specificity of soft film/hard substrate coated systems under nanomicroindentation. Philosophical Magazine (under publication). IF - 1.864

**4.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Plasticity and resistance indices in Cu/soft substrate and Cu/hard substrate coated systems. Romainan Journal of Physics (under publication). IF – 1.888

*4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute*

**1.ЛИКРИЗОН, Е.; ДИКУСАР, Г.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Высокоскоростное анодное растворение хромоникелевой стали в нитратном растворе при термокинетической неустойчивости оксидной пленки // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2022, 65(8), 77—84. Doi: 10.6060/ivkkt.20226508.6614.

**2.KOVALI, A.** Study of Corrosion Behavior of Coatings Produced on Steel with Electrospark Alloying Using a Hand High-Frequency Vibrator // Surf Eng Appl Elect. 2022, 58(2), 176—183. Doi 10.3103/S1068375522020041.

**3.DIKUSAR, A.; SILKIN, S.** Formation and Breakdown of Oxide Films in High-Rate Anodic Dissolution of Chromium–Nickel Steels in Electrolytes for Electrochemical Machining // Surf Eng Appl Elect. 2022, 58(4), 313—322. Doi: 10.3103/S1068375522040056.

**4. BARANOV S.** Surface energy for nanowire // Annals of Mathematics and Physics. 2022, p. 81—86. DOI: 10.17352/amp.000043.

**5. BARANOV, S.; DIKUSAR, A.** Kinetics of Electrochemical Nanonucleation upon Induced Codeposition of Iron-Group Metals with Refractory Metals (W, Mo, Re) // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2022, 589 (5) 429–439. DOI: 10.3103/S106837 5522050027

**6. BARANOV S.** Non-Classical Cluster Formation in Minerology. Aspects in Mining & Mineral Science. 2022, 10(2) 1128–1130. DOI: 10.31031/AMMS.2022.10.000732

**7. BARANOV S.** Surface Energy and Production Micro-and Nanowire. Journal of Nanosciences Research & Reports 2022, 4 (4) 1–4

*4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei*

**1.ЛИКРИЗОН, Е.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Влияние структуры пассивных оксидных пленок и поверхностной температуры на скорость анодного растворения хромоникелевых и титановых сплавов в электролитах для их электрохимической размерной обработки. Часть 2. Анодное растворение титановых сплавов в нитратных и хлоридных растворах // Электронная обработка материалов. 2022, 58(4), 1—11. Doi:10.52577/eom.2022.58.4.01.

**2.ПАРШУТИН, В.; ПАРАМОНОВ, А.; КОВАЛЬ, А.** Коррозионные и электрохимические свойства сплавов системы Ni-Re, легированных цирконием, гафнием, вольфрамом и палладием // Электронная обработка материалов. 2022, 58(4), 55—69. Doi:10.52577/eom.2022.58.4.55.

**3.ДИКУСАР, А.; ЛИКРИЗОН, Е.** Влияние структуры пассивных оксидных пленок и поверхностной температуры на скорость анодного растворения хромоникелевых и титановых сплавов в электролитах для их электрохимической размерной обработки. Часть 1. Анодное растворение хромоникелевой стали в нитратном растворе // Электронная обработка материалов. 2022, 58(3), 1—12. Doi: 10.52577/eom.2022.58.3.01.

**4.ДИКУСАР, А.; СИЛКИН, С.** Образование и разрушение оксидных пленок при высокоскоростном анодном растворении хромоникелевых сталей в электролитах для их электрохимической размерной обработки // Электронная обработка материалов. 2022, 58(2), 1—11. Doi: 10.52577/eom.2022.58.2.01.

**5.БЕНЬКОВСКИЙ, Ю.; КРОИТОРУ, Д.; ПЕТРЕНКО, В., СТОЙЧЕВ, П.; ЮРЧЕНКО, Е.; ДИКУСАР, А.** Влияние состава стали на свойства композитной поверхности, получаемой электроискровым легированием // Электронная обработка материалов. 2022, 58(1), 1—8. Doi:10.52577/eom.2022.58.1.01.

**6.BARANOV S.** The surface tension problem for micro- and nanowire // Moldavian Journal of the Physical Sciences, 2022, v. 21 (1), p.45-53, doi 10.5281/zenodo 4118657.

## **7.Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)**

S-a stabilit mecanismul de formare a efectului macroscopic de dimensiune al componentei și proprietăților acoperirilor obținute prin codepozitarea indusă a metalelor din grupa fierului cu metale refractare (W, Mo, Re). În condiția când agentul inductor (un complex de metal din grupa fierului) se polimerizează la anumite valori ale pH-ului, are loc distrugerea acestuia ca catalizator, drept rezultat cauzându-se o viteză mare de modificare a concentrației sale în volum, ducând, la rândul său, la dependența componentei și a proprietăților de aria suprafeței (densitatea volumetrică a curentului). Totodată, se rezolvă una dintre principalele probleme ale chimiei aplicate și ale electrochimiei referitor la electrodepozitarea unor astfel de acoperiri – transferul pe scară largă de la testele de laborator la tehnologia industrială.

Elaborarea variantelor noi ale procesului alierii prin scantei electrice care au permis eficientizarea transferului de masă al materialelor de aliere, a contribuit la creșterea crosimii acoperirilor formate și intensificarea transformărilor fazo-structurale, cu formarea fazelor nanocristaline și amorfе. Impactul științific al rezultatelor obținute constă în obținerea de cunoștințe noi, fapt ce va contribui la extinderea cercetărilor, dar și a domeniilor de aplicare practică. Elaborarea utilajului și a tehnologiei procesului alierii prin scantei electrice cu folosirea materialelor pulverulente pe baza concepției noi va avea și un impact economic, pentru că va trezi interes în rândurile utilizatorilor tehnologiilor de durificare a suprafețelor metalice și va contribui la extinderea domeniilor de aplicare practică a rezultatelor obținute.



## **8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (obligatoriu)**

1) Potențostat PARSTAT 2273; 2) Microscop NEOPHOT 30; 3) Microscop NEOPHOT 32; 4) Mașină de frezat în coordonate cu 5 acse HY – TB5 CNC; 5) Mașină unealtă în două coordonate pentru aliere prin scânteii electrice; 6) Mașină de încercare la uzură SMT – 2; 7) Mașină de încercare la uzură SMT – 1; 8) Microdurimetru PMT-3M; 9) Analizator de spectru CK4-56; 10) Oscilograf GW INSTEK; 11) pH–metru И-160M; 12) pH – metru ЭВ – 74; 13) Balanță analitică BAP – 200; 14) Termostat; 15) Calculatoare, notebook; 16) Nanodurimetru Nanotester-PMT3-NI-02; 17) Microscop metalografic digital XJL-101; 18) Mașina IMAȘ; 19) Microdurimetre PMT-3; 20) Microscop optic Neophot; 21) Microscop optic Amplival; 22) Microscop interferometric Linnik; 23) Aparat de presiune; 24) Mașina de șlefuire-polisare. Instalații tehnologice de aliere prin scânteii electrice de tipuri: EFI-10M, EFI-23M, EIL, Elitron 22B (activare manuală), machete instalații mecanizate – 2 buc., surse de curent 40A.

## **9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

Universitatea Tehnică a Moldovei; Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii, Univesitatea de Stat din Transnistria „G.G. Șevcenko”, or. Tiraspol; SRL Uzina Topaz (Chishinau).

## **10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

Univesitatea „Politehnica”, București, România; Univesitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, România;

Universitatea din Vilnius, Departamentul de Fizică și Chimie, Lituania; University of A. Stulginskas (Kaunas), Lithuania; Univesitatea de Stat din Costroma, or. Costroma, Rusia; Universitatea 10 Autonomă din Barselona, Departamentul de Fizica, Spania; Academia Agricolă din Sofia, Bulgaria; Universitatea Tehnică din or. Sumă (Ucraina); Institutul de Fizică și Mecanică I. Karpenko, or. Lvov (Ucraina), Institutul Național de Laseri Plasmă și Radiație, București-Măgurele, Romania.

## **11. Dificultățile în realizarea proiectului**

Din cauza crizei ce a cuprins tot continentul european si nu numai, prețurile ”au zburat” în sus la majoritatea materialelor, utilajelor, componentelor, fapt care ne-a afectat considerabil. Nu am putut procura tot ce ne-am plănuțit. Asta în primul rând. în al doilea, deși lucrările în cadrul proiectelor încep din luna ianuarie, noi putem procura materialele, utilajele, aparatele necesare pentru desfășurarea cercetărilor, în cel mai bun caz, la finele anului. Această situație îngreunează efectuarea la o înaltă calitate a lucrărilor experimentale. Avem dificultăți și cu efectuarea cercetărilor structurii și componenteї straturilor modificate, care constituie esența investigațiilor noastre. Suntem conștienți că aceste aparate sunt costisitoare și bugetul institutului nu este în stare de a le procura. Grație colaborărilor cu mai multe centre științifice de peste hotare, aceștea ne ajută cu astfel de investigații.

Dat fiind că profilul Institutului este aplicativ, asta ne vorbește de la sine că orice proiect trebuie să se finalizeze cu un rezultat în formă de aparat, model al unei instalații, care poate fi brevetat și aplicat în practică. Dar pentru asta avem absolută nevoie de un atelier dotat cu mașini unelte pe măsură să satisfacă necesitățile cercetătorilor. În situația de azi, deși dispunem de un astfel

de atelier cu mașini învechite ce nu corespund cerințelor – pentru confecționarea diferitor dispozitive necesare pentru efectuarea investigațiilor, suntem nevoiți să apelăm și la organizații din afara instituției noastre.

Sistemul de achiziționare a aparatelor și materialelor în proiect este foarte complicat prin faptul că finanțarea este planificată și repartizată pe articole și coduri economice și nu poate fi modificată pe parcursul anului. Aceste cerințe și restricții ne creează dificultăți ce cauzează utilizarea neeficientă a banilor.

## **12. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice**

### *7.1. Teze la conferințele științifice internaționale (peste hotare)*

**1. СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.;** Высокоскоростное анодное растворение: образование анодных оксидных пленок и их разрушение вследствие термокинетической неустойчивости // Всероссийская научно-техническая конференция “Научно-технические технологии в машиностроении” Сборник докладов, Тула, Изд. ТулГУ, с. 40-41.

**2. БЕНЬКОВСКИЙ, Ю.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Коррозионные и механические свойства гибридных электрохимико-эрозийных покрытий // Всероссийская научно-техническая конференция “Научно-технические технологии в машиностроении” Сборник докладов, Тула, Изд. ТулГУ, стр.105-106.

**3. MIHAILOV, V. ; KAZAK, N.; IVASCU, S.; OVCINNICOV, E.; BACIU, C.; IANASHEVICI, A.** Synthesis of multicomponent coatings by electrospark alloying with powder materials // International Conference “BALTRIB -2022”, 22-24 September, LT-53361 Kaunas, Lithuania.

**4. BOBANOVA, Zh.; PETRENKO, V.; DIKUSAR, A.** Obtaining and mechanical properties of Co-W coatings deposited from concentrated electrolytes. //14 International Conference on Physics of Advanced Materials. Croatia, Dubrovnik. September 8-15, 2022

**5. TSYNTSARU, N.** Advanced materials based on electrodeposited iron group metals and alloys. //14 International Conference on Physics of Advanced Materials. Croatia, Dubrovnik. September 8-15, 2022

**6. TSYNTSARU, N.** ID2119- Design of materials based on electrodeposited iron group metals //APMAS 2022. 12th International Advances In Applied Physics & Materials Science Congress & Exhibition. Liberty Hotel Lykia, Oludeniz-Turkey. October 13-22, 2022.

**7. TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; BULAN, I.** Development of technological electrodes/processes at EPT and TOPAZ companies within SMARTELECTRODES project // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.167. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

**8. CESIULIS, H.; TSYNTSARU, N.** Application of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) for processes and systems characterization // 5 th International Conference on Nanomaterials Science

and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.168. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

**9. ZHANG, Yu.; LEVINAS, R.; PETRONIENE, J.; STANKEVICIUTE, Ž.; BAHAROLOLOOMI, A.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H. and PODLAHA-MURPHY, E.** Electrodeposited Alloys for the Oxygen Evolution Reaction (OER) // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.169. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

**10. NICOLENCO, A.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; PELLICER, E.; SORT, J.** Functional properties of Fe-Ga alloys prepared by electrodeposition // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.170. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

**11. LEVINAS, R.; GRIGUCEVICIENE, A.; MURASKAS, T.; TAMASIUNAITE-TAMASAUSKAITE, L.; TSYNTSARU, N.; NORCUS, E.; CESIULIS, H.** MoxSy-containing coatings for photo/electrochemical water splitting applications // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.171. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91

**12. MESHALKIN, A.; ACHIMOVA, E.; ABASKIN, V.; PRISACAR, A.; TRIDUH, G.; TSYNTSARU, N.** Nanomultilayer structures based on chalcogenide amorphous semiconductors: obtaining and applications // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. P.172. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

**13. LOZAN, V.; PARŞUTIN, VI.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Inhibitor of steel corrosion in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 191. ISSN Print: 2601-4564.

**14. PARŞUTIN, VI.; COVALI, A.** Process for corrosion protection of steel in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 211. ISSN Print: 2601-4564.

**15. PARŞUTIN, VI., COVALI, A.** Process for corrosion protection of steel in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 212. ISSN Print: 2601-4564.

**16. PARSHUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; SHKILEOV, VI.; CERNYSHEVA, N.; COVALI, A.; AGAFIL, V.** Tool electrode and process for combined dimensional electrochemical and laser metalworking. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 151. ISBN 978-606-35-0496-9.

**17. PARSHUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; COVALI, A.; AGAFIL, V.** Tool electrode for dimensional electrochemical machining. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia"

Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 152. ISBN 978-606-35-0496-9.

**18. PARȘUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; COVALI, AI.; AGAFII, V.** Devices for dimensional laser electrochemical working of metals. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 152. ISBN 978-606-35-0496-9.

**19. LOZAN, V.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 145. ISBN 978-606-35-0496-9.

**20. COROPCEANU, E.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; BOLOGA, O.; BULHAC, I.; CROITOR, L.; FONARI, M.** Soluții în baza compușilor coordinativi pentru inhibarea procesului de coroziune a oțelurilor în apă. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 82.

#### *7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)*

**1. БАРАНОВ, С.** Математическое моделирование для применения литых аморфных микропроводов // Материалы XII международной конференции "Математическое моделирование в образовании, науке и производстве" Тирасполь, ПГУ, 2022, с.5-8, ISBN 978-9975-63-514-1.

**2. БАРАНОВ, С.; ДИКУСАР, А.** Математическое моделирование электрохимической нуклеации // Материалы XII международной конференции "Математическое моделирование в образовании, науке и производстве" Тирасполь, ПГУ, 2022, с.9-14, ISBN 978-9975-63-514-1.

#### *7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională*

#### *7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale*

### **8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)**

*8.1. cărți (cu caracter informativ)*

*8.2. enciclopedii, dicționare*

*8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)*

### **9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

**1. LOZAN, V.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1615 2022.04.30.

**2. PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1633 2022.07.31.

**3. PARȘUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; GONCIARUC, V.; COVALI, A.** Electrode-sculă pentru prelucrarea electrochimică și cu raze laser. Cerere s 2022 0012 din 2022.02.18.

**Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).**

*Expoziția «Euroinvent-2022» Iași, România din 26-28 mai 2022.*

*Au fost obținute:*

**1. Medalii de Aur 1**

**2. Medalii de Argint 1**

**3. Diploma of excellence 1**

*Salonul Internațional de Invenții și Inovații „Traian Vuia - 2022”, Timișoara, România din 8-10 octombrie 2022.*

*Au fost obținute:*

**1. Medalii de aur 5**

**14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Opțional):**

**15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2022 de membrii echipei proiectului (Opțional)**

**1. Goteleac, A.** “Индукционное соосаждение сплавов из металлов группы железа с вольфрамом и механические свойства покрытий” – teză de doctor, conducător m. cor. Alexandru Dicusar, susținută la data de 11 octombrie 2022, în or. Ivanovo, Rusia.

**2. Kazak, N.** cercetător științific. În perioada îndeplinirii proiectului a fost finalizată teza de doctor cu tema ”MODIFICAREA SUPRAFEȚELOR METALICE PRIN SINTETIZAREA CU SCÂNTEI ELECTRICE A CARBURILOR, UTILIZÂND ELECTROZI DIN GRAFIT ȘI METALE TRANZITORII” și înaintată spre susținere. Conducător științific: cercetător șt. coordonator, dr. în tehnică Valentin Mihailov.

**16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (Opțional)**

În baza rezultatelor obținute au fost elaborate și executate în metal două modele de generatoare de impulsuri cu un diapazon larg de variație a parametrilor energetici: valoarea energiei descărcării în impuls și curentul de lucru, precum și sisteme electronice de dirijare a procesului de durificare a suprafețelor metalice.

**17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022**

**Alexandru Dikumar** – redactor-șef adjunct al revistelor Электронная обработка материалов și Surface Engineering și Applied Electrochemistry (ultima este inclusă în baza de date Web of Science și Scopus).

**Alexandru Dikumar** – membru al Comitetului de Organizare a Conferințelor Științifice Internaționale:

1) A XIII-ea Conferință Internațională de la Plios “Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии”, or. Plios, reg. Ivanovo, Rusia, 5–9 septembrie 2022.

2) Conferința Internațională ”BALTRIB –2022 ”, Kaunas, Lithuania, 22-24 septembrie 2022.

3) Conferința tehnico-științifică a Rusiei “Наукоемкие технологии в машиностроении” , or. Tula, Rusia, 07–08 iunie 2022.

**Șikimaka Olga** – președinte la 4 Comisii de susținere a tezelor de licență și master la Universitatea de Stat din Moldova

**Șikimaka Olga** – referent oficial al tezei d-nei E. Melnic ROLUL LEGĂTURILOR COORDINATIVE ȘI A INTERACȚIUNILOR  $\pi$ - $\pi$  ÎN EDIFICAREA ARHITECTURII SUPRAMOLECULARE ÎN CRISTALELE COMPUȘILOR COMPLECȘI DE CUPRU. STUDIUL CU RAZE X

## 18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect (obligatoriu).

*1 pagină în engleză și 1 pagină în română ce rezumă rezultatele obținute în anul 2022.*

### ROMÂNĂ

1. Efectul macroscopic dimensional al componente și proprietăților aliajelor obținute prin codepozitarea indusă a metalelor din grupa fierului cu wolframul (efecte la un potențial fix (al densității de curent) asupra componente și proprietăților acoperirilor cu densitate volumetrică a curentului (mA/L), precum și dependenței componente la un potențial fix de aria de electrodepunere) determină condițiile pentru transferul pe scară largă al rezultatelor cercetărilor de laborator către tehnologia industrială. S-a demonstrat că apariția acestuia este condiționată de două grupe de motive: influența densității volumetrică a curentului asupra raportului dintre concentrațiile metalului din grupa fierului și wolframul din aliaj, precum și formarea unui strat de suprafață (oxid-hidroxid și hidrogenat). Înlăturarea stratului de suprafață prin dizolvare anodică asigură, în unele cazuri, o creștere a microdureții, dar nu permite eliminarea efectului densității volumetrică de curent asupra componente și proprietăților aliajelor. Dependența componente aliajelor și a proprietăților acestora de densitatea volumetrică a curentului se datorează vitezei sporite de consum a metalului-depunător (complexului de metale din grupa fierului), fapt care, la rândul său, este asociat cu structura acestor complexe, ce posedă o greutate moleculară mare.

2. În scopul eficientizării procesului de formare a acoperirilor durificate și creșterii grosimii acestora, au fost propuse și realizate două variante ale alierii prin scânteii electrice:

- alierea succesivă cu electrozi care în rezultatul interacțiunii formează compuși metalici cu proprietăți fizico-mecanice înalte și au fost stabilite legitățile formării straturilor cu grosimi de până la 500  $\mu$ . S-a stabilit că, în cazul prelucrării succesive cu electrozi din titan, nichel și aluminiu, în straturile formate au loc transformări alotropice, în urma cărora se obțin compușii TiNi, Ti<sub>2</sub>Ni, TiAl<sub>2</sub>, TiAl<sub>3</sub>, Ti<sub>3</sub>Al.

- îmbinarea într-un proces tehnologic unic a prelucrării cu electrod-anod compact și introducerea simultană în interstițiul dintre anod (electrodul de prelucrare) și catod-piesă a pulberii din același material, ceea ce a contribuit la intensificarea procesului de depunere a acoperirilor pe suport.

3. Au fost depuse filme de hidroxiapatita pe substrat de oțel medicinal 316L (HAP/oțel) cu utilizarea modulului RF optimizat la pulverizarea magnetron. Filmele obținute de o grosime de 312 nm au demonstrat o adeziune bună de substrat, ce se manifesta prin lipsa zonei delaminate din jurul amprentelor, și o duritate înaltă - 5.44 GPa, comparativ cu probele de volum (4.33 GPa). Filmele de HAP cu adaos de 10% biosticlă de compoziție boro-magnezio-silico-fosfatică cu dopanți de Ce și Zn pentru proprietăți antibacteriene și majorarea bioactivității filmului au demonstrat o adeziune mai

joasa, care insa a fost depasita prin aplicarea tratamentului termic ulterior depunerii. Dupa tratamentul termic s-a stabilit o scadere a duritatii filmului de la 4.28 GPa la 3.25 GPa, cauza carei inca nu este clara pana la urma. Pentru majorarea adeziunii, in special pentru metoda de depunere a filmelor "dip-coating", care demonstreaza o adeziune scazuta, a fost elaborata o metoda mecano-chimica de structurare a substratului de otel prin prelucrarea mecanica randomizata si ordonata cu abraziv si tratamentul chimic ulterior, care formeaza adaugator un sistem de gropite de corodare chimica. Utilizarea suprafetei nanostructurate a otelului demonstreaza o majorare a adeziunii filmului.

## ENGLEZĂ

1. The macroscopic size effect in the composition and properties of alloys obtained by induced codeposition of iron group metals with tungsten, which manifests as the influence of volume current density (mA/L) on the composition and properties of alloys deposited at a fixed potential (or current density) and as the dependence of alloy composition deposited at a fixed potential on the area of electrodeposition, is crucial for scaling the alloy deposition technology to the level of industrial production. This effect is caused by two factors: (i) the influence of volume current density on the content ratio of an iron group metal and tungsten in the alloy and (ii) the formation of a surface oxide-hydroxide layer containing absorbed hydrogen. Removal of the surface layer by applying an anodic potential leads to an increase in the alloy microhardness in some instances, but it does not eliminate the effect of volume current density on the composition and properties of the alloys. The dependence of alloy's composition and properties on the volume current density is associated with the high rate of consumption of deposition-inducing metal species (i.e., a complex of the iron group metal) from the electrolyte, which, in turn, is related to the structure of these complexes that have high molecular weights.

2. In order to make the process of forming hardened coatings more efficient and increase their thickness, two variants of alloying by electric sparks were proposed and realized:

- successive alloying with electrodes that, as a result of the interaction, form metallic compounds with high physical-mechanical properties, and the legalities of forming layers with thicknesses of up to 500  $\mu$  have been established. It was established that, in the case of successive processing with titanium, nickel and aluminum electrodes, allotropic transformations take place in the formed layers, as a result of which the compounds are obtained TiNi, Ti<sub>2</sub>Ni, TiAl<sub>2</sub> TiAl<sub>3</sub>, Ti<sub>3</sub>Al

- combining in a unique technological process the compact electrode-anode processing and the simultaneous introduction into the gap between the anode (processing electrode) and the cathode-part of the powder of the same material

3. Hydroxyapatite films were deposited on 316L medical steel substrate (HAP/steel) using an optimized RF module for magnetron sputtering. The obtained films of 312 nm thickness demonstrated a good adhesion to the substrate, which is manifested by the lack of the delaminated area around the indentations, and a high hardness - 5.44 GPa, compared to the bulk samples (4.33 GPa). The HAP films with 10% addition of boro-magnesium-silico-phosphate bioglass with Ce and Zn dopants for antibacterial properties and for increasing the bioactivity of the film demonstrated a lower adhesion, which was overcome by applying heat treatment after deposition. After the thermal treatment, a decrease in the hardness of the film was established from 4.28 GPa to 3.25 GPa, the cause of which is still not clear. To increase the adhesion, especially for the "dip-coating" film

deposition method, which demonstrates a low adhesion, a mechano-chemical method of structuring the steel substrate was developed through randomized and ordered mechanical processing with abrasive and subsequent chemical treatment, which induces additionally a system of etch-pits. The use of the nanostructured steel surface demonstrates an increase in film adhesion.

### 19. Recomandări, propuneri

Propunem ca banii pentru achiziția materialelor, utilajelor, să fie transferați la Institut la începutul desfășurării lucrărilor din cadrul proiectului.

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ (numele, prenumele)



Data: \_\_\_\_\_



Anexa 1A

### Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice

publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat

"Obținerea de noi materiale micro-și nano-structurate prin metode fizicochimice și elaborarea tehnologiilor pe baza acestora"

Cifrul: 20.80009.5007.18

1. Monografii (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

2. Capitle în monografiile naționale/internaționale

3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale



**1.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Relaxation Parameters of Cu/substrate Type Coated Systems Under Nanoindentation. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 55—61. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_8.

**2.COLIBABA G.; RUSNAC, D.; FEDOROV, V.; COSTRIUCOVA, N.; MONAICO, E.; POTLOG, T.** Highly Conductive ZnO Thin Films Deposited Using CVT Ceramics as Magnetron Targets. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 110—116. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_15.

**3.COLIBABA, G.; COSTRIUCOVA, N.; RUSNAC, D.; BUSUIOC, S.; MONAICO, E.** Wettability of Highly Conductive ZnO:Ga:Cl CVT Ceramics with Various Ga Content. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 610—616. Doi: 10.1007/978-3-030-92328-0\_78.

#### **4. Articole în reviste științifice**

##### *4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS*

**1.VAINORIS, M.; NICOLENCO, A.; TSYNTSARU, N.; PODLAHA-MURPHY, E.; ALCAIDE, F.; CESIULIS, H.** Electrodeposited Fe on Cu foam as advanced fenton reagent for catalytic mineralization of methyl orange // Front Chem. 2022, 10, 977980-1—977980-10. Doi: 10.3389/fchem.2022.977980 (IF: 5,545).

**2.SHIKIMAKA, O.; BIVOL, M.; SAVA, B.; DUMITRU, M.; TARDEI, Ch.; SBARCEA, B.; GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; TOPAL, D.; PRISACARU, A.; COBZAC, V.; NACU, V.** Hydroxyapatite-Bioglass Nanocomposites Modified by Processing Method and Composition: Structural, Mechanical and Biological Aspects, Beilstein Journal of Nanotechnology (under publication). (IF - 3.649).

**3.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Influence of substrate type on deformation specificity of soft film/hard substrate coated systems under nanomicroindentation. Philosophical Magazine (under publication). (IF - 1.864).

**4.GRABCO, D.; PYRTSAC, C.; SHIKIMAKA, O.** Plasticity and resistance indices in Cu/soft substrate and Cu/hard substrate coated systems. Romainan Journal of Physics (under publication). (IF – 1.888).

##### *4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute*

**1.ЛИКРИЗОН, Е.; ДИКУСАР, Г.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Высокоскоростное анодное растворение хромоникелевой стали в нитратном растворе при термокинетической неустойчивости оксидной пленки // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2022, 65(8), 77—84. Doi: 10.6060/ivkkt.20226508.6614.

- 2. KOVALI, A.** Study of Corrosion Behavior of Coatings Produced on Steel with Electrospark Alloying Using a Hand High-Frequency Vibrator // Surf Eng Appl Elect. 2022, 58(2), 176—183. Doi 10.3103/S1068375522020041.
- 3. DIKUSAR, A.; SILKIN, S.** Formation and Breakdown of Oxide Films in High-Rate Anodic Dissolution of Chromium–Nickel Steels in Electrolytes for Electrochemical Machining // Surf Eng Appl Elect. 2022, 58(4), 313—322. Doi: 10.3103/S1068375522040056.
- 4. BARANOV, S.** Surface energy for nanowire // Annals of Mathematics and Physics. 2022, p. 81—86. DOI: 10.17352/amp.000043.
- 5. BARANOV, S.; DIKUSAR, A.** Kinetics of Electrochemical Nanonucleation upon Induced Codeposition of Iron-Group Metals with Refractory Metals (W, Mo, Re) // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2022, 589 (5) 429–439. DOI: 10.3103/S106837 5522050027
- 6. BARANOV, S.** Non-Classical Cluster Formation in Minerology. Aspects in Mining & Mineral Science. 2022, 10(2) 1128–1130. DOI: 10.31031/AMMS.2022.10.000732
- 7. BARANOV, S.** Surface Energy and Production Micro-and Nanowire. Journal of Nanosciences Research & Reports 2022, 4 (4) 1–4

*4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei*

- 1. ЛИКРИЗОН, Е.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Влияние структуры пассивных оксидных пленок и поверхностной температуры на скорость анодного растворения хромоникелевых и титановых сплавов в электролитах для их электрохимической размерной обработки. Часть 2. Анодное растворение титановых сплавов в нитратных и хлоридных растворах // Электронная обработка материалов. 2022, 58(4), 1—11. Doi:10.52577/eom.2022.58.4.01.
- 2. ПАРШУТИН, В.; ПАРАМОНОВ, А.; КОВАЛЬ, А.** Коррозионные и электрохимические свойства сплавов системы Ni-Re, легированных цирконием, гафнием, вольфрамом и палладием // Электронная обработка материалов. 2022, 58(4), 55—69. Doi:10.52577/eom.2022.58.4.55.
- 3. ДИКУСАР, А.; ЛИКРИЗОН, Е.В.** Влияние структуры пассивных оксидных пленок и поверхностной температуры на скорость анодного растворения хромоникелевых и титановых сплавов в электролитах для их электрохимической размерной обработки. Часть 1. Анодное растворение хромоникелевой стали в нитратном растворе // Электронная обработка материалов. 2022, 58(3), 1—12. Doi: 10.52577/eom.2022.58.3.01.
- 4. ДИКУСАР, А.; СИЛКИН, С.** Образование и разрушение оксидных пленок при высокоскоростном анодном растворении хромоникелевых сталей в электролитах для их электрохимической размерной обработки // Электронная обработка материалов. 2022, 58(2), 1—11. Doi: 10.52577/eom.2022.58.2.01.
- 5. БЕНЬКОВСКИЙ, Ю.; КРОИТОРУ, Д.; ПЕТРЕНКО, В.; СТОЙЧЕВ, П.; ЮРЧЕНКО, Е.; ДИКУСАР, А.** Влияние состава стали на свойства композитной поверхности, получаемой

электроискровым легированием // Электронная обработка материалов. 2022, 58(1), 1—8.  
Doi:10.52577/eom.2022.58.1.01.

**6. BARANOV, S.** The surface tension problem for micro- and nanowire // Moldavian Journal of the Physical Sciences, 2022, v. 21 (1), p.45-53, doi 10.5281/zenodo 4118657.

*4.4. în alte reviste naționale*

## **5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

*5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare*

*5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova*

## **6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

*6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)*

*6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)*

*6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională*

*6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale*

## **7. Teze ale conferințelor științifice**

*7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)*

**1. СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Высокоскоростное анодное растворение: образование анодных оксидных пленок и их разрушение вследствие термокинетической неустойчивости // Всероссийская научно-техническая конференция “Научно-технические технологии в машиностроении” Сборник докладов, Тула, Изд. ТулГУ, с. 40-41.

**2. БЕНЬКОВСКИЙ, Ю.; СИЛКИН, С.; ДИКУСАР, А.** Коррозионные и механические свойства гибридных электрохимико-эрозионных покрытий // Всероссийская научно-техническая конференция “Научно-технические технологии в машиностроении” Сборник докладов, Тула, Изд. ТулГУ, стр.105-106.

**3. MIHAILOV, V.; KAZAK, N.; IVASCU, S.; OVCINNICOV, E.; BACIU, C.; IANASHEVICI, A.** Synthesis of multicomponent coatings by electrospark alloying with powder materials // International Conference “BALTTTRIB -2022”, 22-24 September, LT-53361 Kaunas, Lithuania.

**4. BOBANOVA, Zh.; PETRENKO, V.; DIKUSAR, A.** Obtaining and mechanical properties of Co-W coatings deposited from concentrated electrolytes. //14 International Conference on Physics of Advanced Materials. Croatia, Dubrovnik. September 8-15, 2022

- 5. TSYNTSARU, N.** Advanced materials based on electrodeposited iron group metals and alloys. //14 International Conference on Physics of Advanced Materials. Croatia, Dubrovnik. September 8-15, 2022
- 6. TSYNTSARU, N.** ID2119- Design of materials based on electrodeposited iron group metals //APMAS 2022. 12th International Advances In Applied Physics & Materials Science Congress & Exhibition. Liberty Hotel Lykia, Oludeniz-Turkey. October 13-22, 2022.
- 7. TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; BULAN, I.** Development of technological electrodes/processes at EPT and TOPAZ companies within SMARTELECTRODES project // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p.167. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.
- 8. CESIULIS, H.; TSYNTSARU, N.** Application of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) for processes and systems characterization // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p.168. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.
- 9. ZHANG, Yu.; LEVINAS, R.; PETRONIENE, J.; STANKEVICIUTE, Ž.; BAHAROLOLOOMI, A.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H. and PODLAHA-MURPHY, E.** Electrodeposited Alloys for the Oxygen Evolution Reaction (OER) // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p. 169. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.
- 10. NICOLENCO, A.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; PELLICER, E.; SORT, J.** Functional properties of Fe-Ga alloys prepared by electrodeposition // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p.170. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.
- 11. LEVINAS, R.; GRIGUCEVICIENE, A.; MURASKAS, T.; TAMASIUNAITE-TAMASAUSKAITE, L.; TSYNTSARU, N.; NORCUS, E.; CESIULIS, H.** MoxSy-containing coatings for photo/electrochemical water splitting applications // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p. 171. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.
- 12. MESHALKIN, A.; ACHIMOVA, E.; ABASKIN, V.; PRISACAR, A.; TRIDUH, G.; TSYNTSARU, N.** Nanomultilayer structures based on chalcogenide amorphous semiconductors: obtaining and applications // 5 th International Conference on Nanomaterials Science and Mechanical Engineering University of Aveiro, Portugal July 5-8, 2022. Book of Abstracts. UA Editora Universidade de Aveiro.3. p. 172. ISBN 978-972-789-771-1. DOI 10.48528/11t1-bw91.

- 13. LOZAN, V.; PARȘUTIN, V.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Inhibitor of steel corrosion in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 191. ISSN Print: 2601-4564.
- 14. PARȘUTIN, V.; COVALI, A.** Process for corrosion protection of steel in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 211. ISSN Print: 2601-4564.
- 15. PARȘUTIN, V.; COVALI, A.** Process for corrosion protection of steel in water. The 14th Edition of EUROINVENT. European exhibition of creativity and innovation. Proceedings. 26-28 may. 2022. P. 212. ISSN Print: 2601-4564.
- 16. PARSHUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; SHKILEOV, V.; CERNYSHEVA, N.; COVALI, A.; AGAFII, V.** Tool electrode and process for combined dimensional electrochemical and laser metalworking. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 151. ISBN 978-606-35-0496-9.
- 17. PARSHUTIN VI.; PARAMONOV A.; COVALI AI.; AGAFII, V.** Tool electrode for dimensional electrochemical machining. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 152. ISBN 978-606-35-0496-9.
- 18. PARSHUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; COVALI, A.; AGAFII, V.** Devices for dimensional laser electrochemical working of metals. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 152. ISBN 978-606-35-0496-9.
- 19. LOZAN, V.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 145. ISBN 978-606-35-0496-9.
- 20. COROPCEANU, E.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; BOLOGA, O.; BULHAC, I.; CROITOR, L.; FONARI, M.** Soluții în baza compușilor coordinațivi pentru inhibarea procesului de coroziune a oțelurilor în apă. Salonul internațional de invenții, inovații "Traian Vuia" Timișoara 08-10 octombrie 2022. Editura Politehnica, 2022. P. 82.

*7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)*

- 1. БАРАНОВ, С.** Математическое моделирование для применения литых аморфных микропроводов // Материалы XII международной конференции “Математическое моделирование в образовании, науке и производстве” Тирасполь, ПГУ, 2022, с.5-8, ISBN 978-9975-63-514-1.
- 2. БАРАНОВ, С.; ДИКУСАР, А.** Математическое моделирование электрохимической нуклеации // Материалы XII международной конференции “Математическое моделирование в образовании, науке и производстве” Тирасполь, ПГУ, 2022, с.9-14, ISBN 978-9975-63-514-1.

*7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională*

*7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale*

## **8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)**

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

## **9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

**1. LOZAN, V.; PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.; JOVMIR, T.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1615 2022.04.30.

**2. PARȘUTIN, VI.; COVALI, A.** Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1633 2022.07.31.

**3. PARȘUTIN, VI.; PARAMONOV, A.; GONCIARUC, V.; COVALI, A.** Electrode-sculă pentru prelucrarea electrochimică și cu raze laser. Cerere s 2022 0012 din 2022.02.18.

*Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premier, medalii, titluri, alte aprecieri).*

Expoziția «Euroinvent-2022» Iași, România din 26-28 mai 2022.

Au fost obținute:

**1. Medalii de Aur 1**

**2. Medalii de Argint 1**

**3. Diploma of excellence 1**

Salonul Internațional de Invenții și Inovații „Traian Vuia - 2022”, Timișoara, Romania din 8-10 octombrie 2022.

Au fost obținute:

**1. Medalii de aur 5**

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare 155 PS  
(Alocațiile bugetare pe Proiectul de Stat pentru anul 2022)

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.18

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	2168,2	20,9	2189,1
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	628,8	6,1	634,9
Servicii de cercetări științifice	222930	2,0		2.0
Indemnizații pentru încapacitatea temporară de muncă achitate din mijloacele financiare ale angajatorului	273500	6.2		6.2
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110	143.4		143.4
Procurarea activelor nemateriale	317110			
Procurarea pieselor de schimb	332110	12.6		12.6
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	3.7		3.7
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	1.3		1.3
<b>Total</b>		<b>2966,2</b>	<b>27,0</b>	<b>2993,2</b>

Directorul IFA dr.hab. Macovei Mihai

(numele, prenumele, semnătura)

Economist șef Mitroșenco Larisa

(numele, prenumele, semnătura)

Conducătorul proiectului m.cor. Dicusar Alexandr

(numele, prenumele, semnătura)

Data



## Componența echipei proiectului

**Cifrul proiectului 20.80009.5007.18**

<b>Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)</b>						
<b>Nr</b>	<b>Nume, prenume (conform contractului de finanțare)</b>	<b>Anul nașterii</b>	<b>Titlul științific</b>	<b>Norma de muncă conform contractului</b>	<b>Data angajării</b>	<b>Data eliberării</b>
1.	Dicusar Alexandr	1942	dr.hab.	1.00	02.01.2022	
2.	Grabco Daria	1941	dr.hab.	1.00	02.01.2022	
3.	Belevschi Stanislav	1984	dr.	1.00	02.01.2022	
4.	Mihailov Valentin	1942	dr.	1.00	02.01.2022	
5.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	0.50	02.01.2022	
6.	Șikimaka Olga	1965	dr.	1.00	02.01.2022	
7.	Tîțaru Natalia	1979	dr.	1.00	02.01.2022	02.01.2022
8.	Bobanova Jana	1937	dr.	0,5	02.91.2022	
9.	Colibaba Gleb	1979	dr.	0.50	02.01.2022	
10.	Baranov Serghei	1948	dr.	0.50	02.01.2022	
11.	Borțoi Tudor	1952	dr.	0.50	02.01.2022	
12.	Croitoru Dumitru	1948	dr.	1.00	02.01.2022	
13.	Harea Evghenii	1974	dr.	1.00	02.01.2022	02.01.2022
14	Iușcenco Serghei	1960	dr.	1.00	02.01.2022	
15	Ivașcu Sergiu	1976	dr.	1.00	02.01.2022	
16	Nicolenco Aliona	1992	dr.	1.00	02.01.2022	02.01.2022
17	Braniște Fiodor	1989	dr.	0.50	02.01.2022	
18	Pîrțac Constantin	1975	dr.	0.50	02.01.2022	
19	Prisăcaru Andrian	1985	dr.	0.50	02.01.2022	
20	Barbos Zinaida	1986		1.00	02.01.2022	02.01.2022
21	Spoială Dorin	1968		0,5	02.01.2022	
22	Belotercovschii Igor	1960		0,5	02.01.2022	
23	Covalenco Chirill	1990		1.00	02.01.2022	
24	Covali Alexandru	1976		1.00	02.01.2022	
25	Ianachevici Anatolie	1969		0.50	02.01.2022	
26	Kazak Natalia	1983		1.00	02.01.2022	



27	Bivol Mihaela	1991		1.00	02.01.2022	
28	Crupnic Vitali	1957		1.00	02.01.2022	
29	Rusnac Dumitru	1995		0.50	02.01.2022	
30	Iațco Spiridon	1947		0.50	02.01.2022	
	<b>Total</b>			<b>22.00</b>		

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	17
--	----

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2022					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Tîțțaru Natalia	1979	dr.	-1.0	
2.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	0.5	02.01.2022
3.	Bobanova Jana	1937	dr.	0.5	02.01.2022
4.	Barbos Zinaida	1986		-1.0	
5.	Spoială Dorin	1968		0.5	02.01.2022
6.	Beloțercovschii Igor	1960		0.5	02.01.2022
7.	Harea Evghenii	1974	dr.	-1.0	
8.	Pîrțac Constantin	1975	dr.	0.50	02.01.2022
9.	Prisăcaru Andrian	1985	dr.	0.50	02.01.2022

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	17
---	----

Conducătorul organizației Macovei Macovei Mihai, dr. hab.

Contabil șef Mitroșenko Mitroșenko Larisa

Conducătorul de proiect Dikusar Dikusar Alexandr, m. cor.

Data \_\_\_\_\_

