

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2021

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2021

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

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

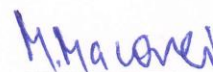
20.80009.5007.18

Prioritatea Strategică _____ Materiale și tehnologii noi _____

Conducătorul proiectului _____ DICUSAR Alexandr, m.cor. _____



Directorul organizației _____ MACOVEI Mihai, dr. hab. _____



Consiliul științific/Senatul _____



1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Stabilirea corelației compoziție-structură-proprietăți pentru acoperirile în bază metalelor din grupul Fe cu W, hidroxiapatită, biosticlă, ș.a. și elaborarea recomandărilor pentru perfecționarea tehnologiilor de obținere a acestora.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Pe baza cercetărilor efectuate anterior, s-a constatat că asupra vitezei de depunere și randamentului în funcție de curent a acoperirilor nanocristaline electrodepunere din metalele grupului de fier cu wolframul din electroliți care reduc poluarea mediului înconjurător, sunt influențate foarte puternic de natura anodului utilizat. Cercetarea influenței naturii anodului de rând cu natura efectului de dimensiune trebuie să devină baza elaborării mecanismului codepunerii induse a acestor metale.
2. Pe baza structurilor studiate cu metoda optică se va determina duritatea în diferite zone a secțiunii transversale a probelor, cât și repartizarea elementelor pe această secțiune prin metoda izotopică, folosind izotopul de carbon C12.
3. Cercetarea influenței morfologiei a suprafeței nanostructurate a oțelului (ca urmare a diferitor condiții de prelucrare) asupra formării straturilor de HA și BS la pulverizarea magnetron și proprietăților lor mecanice (duritatea, modulul Young și adeziunea).

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Electrodepunerea în condiții potențiostatice și galvanostatice cu utilizarea anozilor de natură variată (Pt, grafit, anozii solubili de natură variată) în combinație cu voltamperimetria ciclică (CVA) și cercetarea pectrofotometrică a schimbării compoziției electrolitului în procesul electrolizei trebuie să ofere un răspuns despre natura efectului anomal al anodului asupra randamentului în funcție de curent și vitezei de depunere. Cercetarea influenței separării spațiilor anodice și catodice cu membrane de microfiltrare, cu diversă porozitate (fabricate la Dubna, Rusia) ne va permite să sporim viteza de depunere a acoperirilor fără creșterea consumului de energie.
2. Paralel cu folosirea electrozilor compacți pentru prelucrare vor fi supuse alierii prin scânteii electrice cu materiale pulverulente probe similare. Din materiale pulverulente va fi formată o gamă mai largă de amestecuri de materiale, amestecuri stehiometrice, cât și amestecuri de materiale conducătoare de curent și dielectrice, ce ne va permite să obținem o diversitate mai mare de acoperiri.
3. Prin pulverizarea magnetron (MS) va fi realizată depunerea straturilor de HA și BS pe substratul de oțel nanostructurat. Va fi cercetată influența morfologiei stratului nanostructurat a oțelului asupra formării acoperirilor de HA și BS, compoziției și microstructurii lor utilizând metodele XRD, AFM, SEM; la fel, și asupra proprietăților lor mecanice (duritatea, modulul Young și adeziunea).

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Pe baza rezultatelor obținute în etapa 2, se presupune elaborarea mecanismului de codepunere indusă ale aliajelor, inclusiv și explicația naturii influenței anodului, efectul de dimensiune al proprietăților.
2. Vor fi stabilite legitățile procesului formării acoperirilor din diferite materiale, inclusiv și din compoziții complexe. Va fi stabilită influența naturii materialelor asupra formării fazelor nanostructurate.
3. Va fi stabilită influența morfologiei stratului nanostructurat a oțelului asupra compoziției și microstructurii a acoperirilor de HA și BS și, ca rezultat, asupra proprietăților lor mecanice (duritatea, modulul Young și adeziunea).

5. Rezultatele obținute

1.A fost investigată influența naturii materialului anodului solubil: (Fe, Ni) și insolubil: (Pt, grafit)) asupra vitezei de depunere și componenței acoperirilor Fe-W electrodezitate dintr-o cuvă de citrat. S-a demonstrat că efectul observat se datorează oxidării anodice a metalului precipitant (complexul de citrat Fe (II)). Pe lângă posibila oxidare la anod, complexul «metal-precipitant» constituie un catalizator pentru reducerea W și un precursor pentru depunerea Fe prin formarea intermediarilor corespunzători, ai căror grad de completare a suprafeței determină componența stratului depus. Se arată (folosind XPS) că oxidarea chimică cu apă a mediatorului FeOHads cu formarea oxizilor superficiali constituie cauza efectului macroscopic de dimensiune a microdurității (influența densității volumetrice a curentului asupra microdurității). Utilizarea unui anod de fier solubil asigură cea mai mare viteză posibilă de depunere a aliajului (25 $\mu\text{m/h}$ la 20 mA/cm^2).

Sunt descrise posibilitățile de utilizare a membranelor trek cu dimensiuni diferite ale porilor (0,42–0,76 μm) ca separatori pentru compartimentarea spațiilor anodice și catodice în timpul codepozității induse ale acoperirilor Fe-W dintr-o cuvă de citrat. S-a dovedit că utilizarea acestora permite dublarea randamentului în funcție de curentul electrodepunerii fără creșterea intensității energetice a procesului și asigură obținerea acoperirilor cu proprietăți stabile (microduritate) în timpul electrolizei prelungite. Se remarcă o limitare a capacităților membranelor, deoarece acestea efectuează doar rolul de microfiltre și nu au proprietăți de schimb ionic.

Electrodepunere aliajelor de metale din grupa fierului (Fe, Co, Ni) cu metale refractare (W, Mo, Re) prezintă un interes deosebit în ceea ce privește utilizarea atât a materialelor și structurilor obținute în volum în calitate de acoperiri și straturi active catalitic, durificabile, anticorozive, magnetice , cât și a structurilor cvasiunidimensionale (nanofire, nanotuburi, nanocordon etc.). Gestionarea compoziției și proprietăților unor astfel de materiale și structuri prezintă un interes deosebit pentru cercetători și pentru motivul că, din punctul de vedere al metodelor clasice de control al componenței aliajelor obținute electrochimic, aceste procese sunt clasificate drept anormale. Acest tip de electrodepunere se numește „codepunere indusă”. „Un metal care nu poate fi depozitat dintr-o soluție apoasă este depozitat în prezența unui alt metal, formând un aliaj”. Procedeele de obținere a aliajelor de metale din grupa fierului cu metale refractare aparțin categoriei codepozității induse.

Examinarea cineticii de nucleare (fază de tranziție) referitor la codepunerea indusă a metalelor din grupa fierului cu wolframul ca cinetică de formare a fazei solide într-un sistem fractal în condițiile dependenței exponențiale a densității de coordonată permite, dintr-un anumit punct de vedere, de a explica (și a prezice) următoarele particularități ale componenței și structurii acoperirilor obținute: -- nanocristalinitatea (rontgenoamorfitatea), ca urmare a vitezei sporite în schimbul de interfaze (în limită – exponențiale), ce duce la o limitare naturală a dimensiunilor nucleelor obținute de fază nouă;- dependența proprietăților acoperirilor obținute (microduritate, rezistența la coroziune) de densitatea volumetrică a curentului;

- implementarea în componența acoperirilor obținute a incluziunilor de oxid-hidroxid și hidrogen are ca rezultat al participării în procesul de formare a unei noi faze de molecule de solvent (apă) la o viteză sporită a schimbului interfazic;

- prezența efectelor dimensionale macroscopice (microduritate și rezistență la coroziune) la acoperirile obținute. Modelele prezentate (liniară și neliniară) și coinciderea calitativă a acestora cu rezultatele experimentale pot servi ca bază teoretică pentru soluționarea uneia dintre problemele fundamentale ale tehnologiei electrochimice – transferul pe scară largă de la experimente de laborator la tehnologii industriale. O coincidență calitativă a modelelor teoretice elaborate cu rezultatele experimentale respective poate servi drept bază temeinică pentru aplicarea acestora într-o categorie largă de probleme privind descrierea particularităților tranzițiilor de fază la intensități sporite ale schimbului de interfaze.

2. Analiza rezultatelor obținute a demonstrat că procesul alierii prin electroeroziune cu electrozi compacți este dificil în cazul folosirii în calitate de anod metale sau compuși refractari. Efectul eroziunii și al transferului polar este nesemnificativ în comparație cu cel al metalelor ușor fuzibile și se înscrie perfect în criteriile Palatnic și Zolotâh. Dacă temperatura de topire a anodului este mai mare decât a catodului, atunci transferul materialului este dificil și nu are loc formarea acoperirii pe catod. În legătură cu aceasta au fost elaborate o serie de procedee tehnologice menite să intensifice transferul elementelor de aliere pe suprafața catodului și sintetizarea pe acesta a acoperirilor cu conținut de carburi. Astfel pentru formarea acoperirilor pe catod s-au folosit materiale pulverulente (pulberi ale metalelor Ti, Ta, W și grafit). Prin îmbinarea într-un proces tehnologic unic a alierii prin electroeroziune cu electrozi compacți (proces tradițional) și a procedeelelor de introducere în interstițiu dintre electrozi a materialelor pulverulente, precum și utilizarea electrozilor cu rotații în plan perpendicular la suprafața de prelucrare s-a reușit formarea acoperirilor groase cu continuitate și uniformitate înalte, ceea ce va contribui la creșterea resursului de funcționare.

S-au optimizat regimurile energetice și tehnologice de prelucrare, astfel încât valorile energiei de descărcare în impulsuri la care s-a obținut cea mai înaltă calitate a acoperirilor se încadrează în limita 1,3 - 3,0 J, iar a curentului mediu de 1,5 - 2,0 A la frecvența trecerii impulsurilor de la 100 la 200 HZ. Dintre parametrii tehnologici sau evidențiat, în primul rând, forma mișcării electrozilor de prelucrare - rotația acestora în plan perpendicular la suprafața de prelucrare, la frecvența contactului cu suportul de aproximativ 100 HZ. Iar în al doilea rând, utilizarea în calitate de elemente de aliere a pulberii metalice și a compușilor metalici care contribuie la creșterea productivității procesului și a grosimii acoperirilor depuse;

S-a stabilit că la prelucrarea complexă cu electrozi compacți și pulberi metalice se pot obține acoperiri nanostructurate, precum și componente amortizate în aceste acoperiri;

În procesul investigațiilor sistematice ale procesului de sintetizare a acoperirilor binare, ternare și multicomponente s-au obținut cunoștințe noi ce vor crea premise de elaborare a noilor variante ale alierii prin electroeroziune cu performanțe avansate.

3. Utilizând metoda pulverizării magnetron au fost obținute sisteme acoperite pe substrat de oțel cu trei tipuri de filme bioactive: (1) biosticla (BS) (compoziția: $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-CaO-P}_2\text{O}_5$), (2) BS cu adaos de ZnO pentru proprietăți antibacteriene și (3) compozitul de hidroxiapatită și biosticlă (HAP-BS). A fost realizată optimizarea procesului de pulverizare magnetron prin alegerea unor condiții de depunere optime modificând distanța dintre țintă și substrat, frecvența, puterea și tensiunea sistemului magnetron, la fel și timpul de depunere. În rezultat au fost obținute straturi de o grosime de 850 nm, măsurate prin metoda de transmitanță la instalația UV-VIS. Cercetarea structurii și compoziției filmelor la XRD și SEM-EDX au demonstrat, că filmul HAP-BS are o cristalinitate joasă; depășirea acestei particularități nedorite, care majorează solubilitatea HAP în mediul fiziologic, va fi realizată prin majorarea temperaturii substratului nemijlocit la depunere sau prin tratamentul termic postdepunere. Compoziția filmelor a demonstrat o corelare suficient de bună cu compoziția materialului țintei.

Pentru cercetarea influenței morfologiei suprafeței nanostructurate a oțelului asupra proprietăților mecanice ale filmelor (duritatea, modulul Young) și adeziunii filmului de substrat, suprafața oțelului a fost prelucrată mecanic. În rezultat au fost obținute suprafețe ale oțelului cu diferite rugozități (R_a) (măsurate la AFM) în dependență de dimensiunea particulelor utilizate la prelucrarea mecanică, dintre care au fost alese două tipuri - cu R_a de 48 și 40 nm, notate respectiv oțel-P1 și oțel-P3. După depunerea filmului rugozitatea suprafeței s-a modificat la valori de 57 și 38 nm, respectiv.

Studiul proprietăților mecanice ale sistemelor acoperite pe substrat de oțel nanostructurat a fost efectuat prin metoda de nanoindentare. În rezultat, a fost stabilit, că filmul BS-ZnO are o adeziune bună de substrat pentru ambele substraturi de oțel utilizate (cu R_a de 57 și 38 nm), amprente de nanoindentare avînd aspect plastic, fără fisuri și delaminări împrejur. Spre deosebire, filmul de HAP-BS a demonstrat o adeziune mai scăzută cu o zonă de dilaminare și distrugere din jurul amprente, mai pronunțate pentru substratul de oțel de o rugozitate mai mică (38 nm).

Măsurările durității și a modulului Young la nanoindentare au evidențiat următoarele particularități. Acoperirea oțelului cu filmele de biosticlă și hidroxiapatită contribuie la durificarea sistemului, valorile durității fiind cuprinse în intervalul 1,7-2,6 GPa pentru oțel și 2,0-6,7 GPa pentru sistemele acoperite (în dependență de sarcina și substratul utilizat). Duritatea filmelor de biosticlă este mai mare comparativ cu duritatea filmelor de compozit HAP-BS, demonstrînd respectiv, valori de 5,8 și 3,2 GPa (pentru filme depuse pe oțel-P1) și 6,8 și 4,3 (pentru filme depuse pe oțel-P3). Aceasta particularitatea poate fi legată de adeziunea mai joasă a compozitului, dar și de o compoziție chimică cu mai multe componente. Totodată aceste rezultate sunt în concordanță cu datele din literatura, de unde se cunoaște, că la general, duritatea hidroxiapatitei este mai joasă comparativ cu duritatea biosticlei. Măsurarea durității la o serie de sarcini (8, 100, 400 mN) a evidențiat majorarea durității cu micșorarea sarcinii, ce este cauzat de micșorarea contribuției substratului, dat fiind faptul că se micșorează adîncimea de penetrare a indenterului cu micșorarea

sarcinii la indentare. Pentru sarcina de 8 mN, la care se observă o majorare bruscă a durtății, contributia substratului este minimă și valorile durtății la aceasta sarcină au fost considerate ca valorile propriu-zise ale durtății filmului, tinând cont, că adâncimea de penetrare a indentorului la măsurarea durtății a fost de 4-5 ori mai mică decât grosimea filmului.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

1. Capitole în monografiile naționale/internaționale

1. NICOLENCO, A.; NAVARRO-SENENT, C.; SORT, S. Nanoporous Composites With Converse Magnetolectric Effects for Energy-Efficient Applications. În: *Encyclopedia of Materials Composites*. Volume 2. Ed. D.Brabazon, Elsevier, 2021, p. 450-460. ISBN: 978-0-12-819731-8. Doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.11870-3.

2. Articole în reviste științifice:

2.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF).

1. NICOLENCO, A.; CHEN, Y.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; PELLICER, E.; SORT, J. Mechanical, magnetic and magnetostrictive properties of porous Fe-Ga films prepared by electrodeposition. *Mater Design*. 2021, 208, 109915-1—109915-11. Doi: 10.1016/j.matdes.2021.109915 (IF: 6,289)

2. CIALONE, M.; NICOLENCO, A.; ROBBENNOLT, S.; MENENDEZ, E.; RIUS, G.; SORT, J. Voltage-Induced ON Switching of Magnetism in Ordered Arrays of Non-Ferrimagnetic Nanoporous Iron Oxide Microdisks. *Adv Mater Interfaces*. 2021, 8(1), 2001143-1—2001143-10. Doi: 10.1002/admi.202001143 (IF: 4,948).

3. GRABCO, D.; SHIKIMAKA, O.; PYRTSAC, C.; BARBOS, Z.; POPA, M.; PRISACARU, A.; Vilotic, D.; Vilotic, M.; Alexandrov, S. Microstructures generated in AISI 316L stainless steel by Vickers and Berkovich indentations. *Mat Sci Eng A*. 2021, 805, 140597. Doi: 10.1016/j.msea.2020.140597 (IF: 4,652).

4. NICOLENCO, A.; DE H-ORA, M.; YUN, Ch.; MACMANUS-DRISCOLL, J.L.; SORT, J. Strain-gradient effects in nanoscale-engineered magnetolectric materials. *APL Materials*. 2021, 9(2), 020903-1—020903-9. Doi: 10.1063/5.0037421 (IF: 3,819).

5. MAZHEIKA, K.; REKLAITIS, J.; NICOLENCO, A.; VAINORIS, M.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H. Magnetic state instability of disordered electrodeposited nanogranular Fe films. *J Magn Magn Mater*. 2021, 540, 168433. Doi: 10.1016/j.jmmm.2021.168433 (IF: 2,993).

6. BELEVSKII, S.; SILKIN, S.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; DIKUSAR, A. The Influence of Sodium Tungstate Concentration on the Electrode Reactions at Iron–Tungsten Alloy Electrodeposition. *Coatings*. 2021, 11(8), 981-1—981-14. Doi: 10.3390/coatings11080981 (IF: 2,881).

7. MORARI V., PYRTSAC C., CURMEI N., GRABCO D., RUSU E.V, URSACHI V. V., TIGINYANU I. M. Nanoindentation of ZnSnO/Si thin films prepared by aerosol spray pyrolysis. *Rom J Phys*. 2021, 66(3-4), 603-1—603-18. ISSN 1221-146X. https://rjp.nipne.ro/2021_66_3-4.html (IF: 1,888).

8. GRABCO D.; NICORICI V.; TOPAL D.; PYRTSAC C.; SHIKIMAKA O. Plastic deformation and microhardness of $Pb_{1-x}Yb_xTe$ single crystals under quasi-static and sclerometric indentation. *Rom J Phys.* 2021, 66(9-10), 603-1—603-13. ISSN 1221-146X. https://rjp.nipne.ro/2021_66_9-10.html (IF: 1,888).

9. RUKANSKIS, M.; PADGURSKAS, J.; SABALIUS, A.; MICHAILOV, V.; KAZAK, N.; ZUNDA, A. Friction and Wear of Electrospray Coatings Made of Molybdenum, Bronze, and Combined (Ti + Al + C) Composition on Steel 45 in a Lubricant Medium. *J Frict Wear.* 2021, 42(1), 56—62. Doi: 10.3103/S1068366621010086 (IF: 0,606).

10. DIKUSAR, A.I.; LIKRIZON, E.A.; DIKUSAR, G.K. High-Rate Pulsed Galvanostatic Anodic Dissolution of Chromium–Nickel Steels in Electrolytes for Electrochemical Machining: The Role of Surface Temperature. *Surf Eng Appl Elect.* 2021, 57(1), 10—18. Doi: 10.3103/S106837552101004X (IF: 0,87).

11. MYRZAK, V.; GOTELYAK, A.V.; DIKUSAR, A.I. Size Effects in the Surface Properties of Electroplated Alloys between Iron Group Metals and Tungsten. *Surf Eng Appl Elect.* 2021, 57(4), 409—418. Doi: 10.3103/S1068375521040128 (IF: 0,87).

2.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

1. РУКАНСКИС, М.; ПАДГУРСКАС, Ю.; САБАЛЮС, А.; МИХАЙЛОВ, В.; КАЗАК, Н.; Жунда, А. Трение и износ электроискровых покрытий из молибдена, бронзы и комбинированного (Ti + Al + C) состава по стали 45 в среде смазки. *Трение и износ.* 2021, 42(1), 89—97. Doi: 10.21122/2220-9506-2021-42-1-89-97.

2. BARANOV, S.A. On the Size Dependence of the Surface Tension for Micro- and Nanocylinder. *J Anal Tech Res.* 2021, 3(2), 39—45. ISSN 2687-8038. Doi: 10.26502/jatri.021.

3. BARANOV, S.A. Modeling of Micro- and Nanocylinder. *J Anal Tech Res.* 2022, 3(2), 28—38. ISSN 2687-8038. Doi: 10.26502/jatri.020.

4. ОВЧИННИКОВ, Е.В.; ЧЕКАН, Н.М.; ХВИСЕВИЧ, В.М.; ВЕРЕМЕЙЧИК, А.И.; МИХАЙЛОВ, В.В.; КАЗАК, Н.Н. Структура электроискровых нанокпозиционных покрытий на металлической матрице. *Вестник Брестского государственного технического университета.* 2021, 1(124), 49—53. Doi 10.36773/1818-1212-2021-124-1-49-53.

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

1. БАРАНОВ, С.А.; ДИКУСАР, А.И. Кинетика электрохимической нанонуклеации при индуцированном соосаждении металлов группы железа с тугоплавкими металлами (W, Mo, Re). *Электронная обработка материалов.* 2021, 57(5), 1—12. Doi: 10.52577/eom.2021.57.5.01.

2. КОВАЛЬ, А.В. Исследование коррозионного поведения покрытий, полученных на стали при электроискровом легировании ручным вибратором повышенной частоты. *Электронная обработка материалов.* 2021, 57(1), 44—51. Doi: 10.5281/zenodo.4455859.

3. КОВАЛЬ, А.В. Особенности формирования фазового и элементного состава поверхности стали, при легировании ручным высокочастотным вибратором. *Электронная обработка материалов.* 2021, 57, в печати.

4. GRABCO D.; PYRTSAC C.; TOPAL D.; SHIKIMAKA O. Effect of friction on the micromechanical properties of AISI 316L austenitic steel. *J. Eng. Sci.* 2021, 2, 34-43. ISSN 2587-3474. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(2\).0](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(2).0) (categoria B+)

5. BARANOV, S.A. Modeling of a nanocylinder. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, 20(1), 46—55. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.03.

6. BARANOV, S.A. Glass-coated microwires for composites. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, 20(1), 56—65. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.04.

3. Articole în materiale ale conferințelor științifice

3.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. BAKAVETS, A.; ANISKEVICH, Y.; RAGOISHA, G.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; STRELTSOV, E. The optimized electrochemical deposition of bismuth-bismuth telluride layered crystal structures. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2021, 1140(1), 012016-1—012016-7. Doi: 10.1088/1757-899X/1140/1/01201

3.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

1. GRABCO D.; PYRTSAC C.; SHIKIMAKA O. Relaxation parameters of Cu/substrate type coated systems under nanoindentation. *Proceeding of 5 Intern. Confer. ICNBME-2021*, 3-5 Nov. 2021, 4 pages.

4. Brevete de invenții

1. GOLOGAN, V.; SIDELNICOVA, S.; IVAȘCU, S.; VOLODINA, G. Procedeu de depunere a acoperirilor din electrolit pe bază de crom trivalent. Brevet de invenție MD 4720 C1 2021.05.31.

2. GOLOGAN, V.; SIDELNICOVA, S.; IVAȘCU, S.; MONAICO, E. Procedeu de depunere a acoperirilor din electrolit pe bază de nichel. Brevet de invenție MD 4721 C1 2021.05.31.

3. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1496 Z 2021.08.31.

4. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1495 Z 2021.08.31.

5. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1494 Z 2021.08.31.

6. PARȘUTIN V.; PARAMONOV A.; COVALI, A.; AGAFII, V. Dispozitive de prelucrare electrochimică dimensională combinată cu laser a metalelor. Brevet de invenție MD 4743 C1 2021.09.30.

7. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1507 Z 2021.09.30.

8. LOZAN V., JOVMIR T., PARȘUTIN VI., COVALI A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1534 2021.05.31.

9. LOZAN V., PARȘUTIN VI., COVALI A., JOVMIR T. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Cerere s 2021 0049 din 2021.06.17.

10. PARȘUTIN VI., COVALI A. Utilizarea extractului apos din frunze de nuc și tanină în calitate de inhibitor al coroziunii oțelurilor în apă. Cerere s 2021 0060 din 2021.07.22

7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

Stabilirea legităților sintetizării straturilor multicomponente nanostructurate pe suprafețele lucrătoare a organelor de mașini în procesul alierei prin scânteii electrice va trezi un mare interes în rândurile cercetătorilor din domeniul proceselor electrofizice de modificare a suprafețelor metalice care, utilizând această metodă simplă și eficientă vor obține cunoștințe noi, ce vor contribui la elaborarea de noi variante ale acestui proces

Rezultatele obținute vor avea, fără îndoială, și un impact tehnologic. Specialiștilor din domeniul întreținerii tehnicii (utilajelor tehnologice, echipamentelor de tot felul), li se va oferi posibilități de

creștere a performanțelor straturilor durificate prin metoda propusă

În același timp se întrevide și impactul socioeconomic al procesului elaborat. Originalitatea și simplitatea proceselor de sintetizare a straturilor durificate performante va trezi interesul specialiștilor din domeniul tehnologiilor de durificare a suprafețelor metalice și astfel va spori numărul de utilizatori ai tehnologiei propuse.

Elaborarea structurilor acoperite de biosticlă (BS) și hidroxiapatită (HA) pe substrat de oțel prezintă interes atât din punct de vedere științific, cât și cel social-economic, fiind materiale destinate utilizării în medicină în calitate de materiale pentru tratarea și înlocuirea țesutului osos. Înlocuirea titanului, utilizat pentru implanturi, cu structurile acoperite în bază de BS și HA pe oțel va duce la reducerea prețurilor implanturilor, pe de o parte, și majorarea bioactivității și biocompatibilității acestora, pe de altă parte, ce la rândul său va contribui la reducerea complicațiilor post-implantare.

8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

1) Potențiostat 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 INSTRON; 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) Microdurimetru 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

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

10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

Universitatea „Politehnica”, București, România; Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, România; Universitatea din Vilnius, Departamentul de Fizică și Chimie, Lituania; University of A.Stulginskias (Kaunas), Lithuania; Universitatea de Stat din Costroma, or. Costroma, Rusia; Universitatea

Autonomă din Barsełona, 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

Lucrările legate de studierea structurii acoperirilor din lipsa microscopului electronic s-au efecuat cu concursul partenerilor din centrele științifice de peste hotare, fapt care a tergiversat obținerea rezultatelor.

Este foarte anevoios și complicat sistemul de achiziționare a bunurilor în proiect. Faptul, că finanțarea trebuie planificată/repartizată pe articole/coduri economice și nu poate fi modificată pe parcursul anului de finanțare (cu excepția delegațiilor și doar din cauza pandemiei), duce la realizarea neefectivă a banilor, deoarece este imposibil de prevăzut din timp toate necesitățile din proiect, care pot apărea pe parcursul realizării lucrărilor (de ex., piese de schimb, care au ieșit din funcție, sau substanțe chimice, necesitatea cărora a apărut pe parcursul efectuării experimentului, sau conferințe, informația despre care poate încă să nu fie cunoscută, ș.a.m.d.). În special aceasta se referă la activitatea legată de cercetare. Ar fi fost mult mai efektivă realizarea bugetului proiectului, dacă ar fi posibil de efectuat achizițiile bunurilor doar ținând cont de articolele/codurile economice acceptate, fără legarea strictă a sumelor de aceste articole/coduri economice.

Ar fi binevenită și acceptarea procurării unor echipamente, instalații mici din proiectul de Stat (nu doar din cel instituțional - pentru infrastructură), dacă suma lor se include în bugetul proiectului și dacă este argumentată această procurare și va contribui la realizarea cu succes a obiectivelor proiectului, acesta fiind scopul de bază al activităților din proiect.

12. Diseminarea rezultatelor obținute **în proiect** în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)

Proceedings

1. AUCHYNNIKAU, Y.; PINCHUK, T.; EISYMONT, E.; MIHAILOV, V.; KAZAK, N.; BAHANOVICH, L. Morphological and structural features of electrospark coatings. În: *Proceedings MATERIAL SCIENCE "Nonequilibrium phase transformations"*, Year V, Issue 1(5), September 2021. VII International Scientific Conference, 6 September, 2021, Varna, Bulgaria, p. 67—69. ISSN: 2535-0218.

Teze la conferințe intenationale

2. СИЛКИН С., ДИКУСАР А. Образование и разрушение поверхностных пассивирующих слоев при высокоскоростном импульсном анодном растворении в электролитах для их ЭХРО. XII Международная конференция "Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии" Плес, Ивановская обл. РФ, 13-17 сентября 2021. С. 7. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2021. - 143 с. ISBN 978-5-905364-18-1

3. БЕЛЕВСКИЙ С., СИЛКИН С., ДИКУСАР А. Механизм индуцированного соосаждения Fe-W сплавов: кинетика восстановления вольфрамата с использованием методов кварцевого

микробаланса и ВДЭ. *XII Международная конференция "Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии"* Плес, Ивановская обл. РФ, 13-17 сентября 2021. С. 15. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2021. - 143 с. ISBN 978-5-905364-18-1

4. BENKOVSKY YU., CROITORU D., PETRENKO V., BOBANOVA ZH., YURCHENKO E., DIKUSAR A. : "SMARTELECTRODES: Influence of the composition on the properties of the modified surface layer generated on steel by electrospark alloying". *11th International Advances in Applied Physics & Materials Science Congress & Exhibition (APMAS2021) 17 to 23 October 2021, Fethiye - Mugla, Turkey.*

5. БАРАНОВ С., ДИКУСАР А. Математическое моделирование электрохимической нуклеации *XII международная конференция "Математическое моделирование в науке, образовании и промышленности"*, г. Тирасполь, 9 октября 2021 г.

6. БАРАНОВ С. Математическое моделирование для применения литых аморфных магнитных микропроводов. *XII международная конференция "Математическое моделирование в науке, образовании и промышленности"*, г. Тирасполь, 9 октября 2021 г.

7. ДИКУСАР А. Взаимное влияние процессов социально-экономического и научного развития общества. Методы моделирования. *XII международная конференция "Математическое моделирование в науке, образовании и промышленности"*, г. Тирасполь, 9 октября 2021 г.

8. КРОИТОРУ Д.М., СКЛИФОС С.Ф., ИВАШКУ С. ХР., ЯНАКЕВИЧ А.И. Равномерное электроосаждение композиционных покрытий. În: *Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов*, Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. Международная научно-техническая конференция, 22-24 апреля 2021 г., Брянская область – Кокино, Россия, р. 102—105.

9. SHIKIMAKA O. Main Factors Influencing the Relaxation Processes under Micro- and Nano-indentation. Global Scientific Guild Conference "Global Webinar on Materials Science and Engineering", July 09-10, 2021, on-line conference – oral presentation.

13. Aprecieria și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).

Expoziția «Euroinvent-2021» Iași, România din 20-22 mai 2021.

Au fost obținute:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Medalii de Aur | 1 |
| 2. Medalia de Argint | 1 |
| 3. Diploma of excellence | 1 |

Expoziția «Inventica-2021» Iași, România din 23-25 iunie 2021.

Au fost obținute:

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Medalii de Aur | 2 |
| 2. Medalia de Argint | 2 |
| 3. Diploma of honor | 2 |

4. Diploma of excellence 2

Salonul Internațional de Invenții și Inovații „Traian Vuia - 2021”, Timișoara, Romania din 14 octombrie 2021.

1. Medalia de aur 1

2. Diploma la medalia de aur 1

Expoziția «INFOINVENT-2021» Chișinău, Republica Moldova.

S-au pregătit 8 postere (va avea loc în noiembrie)

14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media

➤ Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

➤ Articole de popularizare a științei

Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului

1. În cadrul proiectului instituțional, pe parcursul anului 2021, a fost perfectată și prezentată la seminarul de profil teza de doctorat a d-ii Kazak Natalia: ”Modificarea suprafețelor metalice prin sintetizarea cu scânteii electrice a carburilor, utilizând electrozi din grafit și metale tranzitorii”. Conducător științific: cercetător șt. coordonator, dr. în tehnică V. Mihailov.
2. Prisacaru Andrian, ”Tranzițiile de fază și aspectele de deformare a Si monocristalin în dependență de condițiile de aplicare a sarcinii concentrate la micro și nanoscară” teza de doctor, conducător Șikimaka Olga, susținută la data de 03 septembrie 2021.

15. Materializarea rezultatelor obținute în proiect

Forme de materializare a rezultatelor cercetării în cadrul proiectului pot fi produse, utilaje și servicii noi, documente ale autorităților publice aprobate etc.

În cadrul proiectului au fost elaborate și confecționate două machete de generatoare de impulsuri (concepție nouă) cu posibilități de variere în limite mari a parametrilor energetici și tehnologici ce vor servi drept prototipuri pentru proiectarea și confecționarea instalațiilor industriale.

16. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

➤ Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor

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

➤ Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)

17. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

1 pagină în engleză și 1 pagină în română ce rezumă rezultatele obținute în anul 2021.

Română

Examinarea cineticii de nucleare (fază de tranziție) referitor la codepozitarea indusă a metalelor din grupa fierului cu wolframul ca cinetică de formare a fazei solide într-un sistem fractal în condițiile dependenței exponențiale a densității de coordonată permite, dintr-un anumit punct de vedere, de a explica (și a prezice) următoarele particularități ale componenței și structurii acoperirilor obținute:

- nanocristalinitatea (rontgenoamorfitatea), ca urmare a vitezei sporite în schimbul de interfaze (în limită – exponențiale), ce duce la o limitare naturală a dimensiunilor nucleelor obținute de fază nouă;
- dependența proprietăților acoperirilor obținute (microduritate, rezistența la coroziune) de densitatea volumetrică a curentului;
- implementarea în componența acoperirilor obținute a incluziunilor de oxid-hidroxid și hidrogen are ca rezultat al participării în procesul de formare a unei noi faze de molecule de solvent (apă) la o viteză sporită a schimbului interfazic;
- prezența efectelor dimensionale macroscopice (microduritate și rezistență la coroziune) la acoperirile obținute.

Modelele prezentate (liniară și neliniară) și coincidența calitativă a acestora cu rezultatele experimentale pot servi ca bază teoretică pentru soluționarea uneia dintre problemele fundamentale ale tehnologiei electrochimice – transferul pe scară largă de la experimente de laborator la tehnologii industriale. Stabilirea în prezenta lucrare a principiului obținerii acoperirilor nanostructurate în combinație cu rolul densității volumetrice a curentului în dirijarea proprietăților acestora, au o importanță principală pentru transferul de la încercările de laborator în practică.

În rezultatul investigațiilor sistematice ale procesului alierii prin scânteii electrice, utilizând generatoare de impulsuri (concepție nouă) s-a reușit sintetizarea acoperirilor multicomponente cu conținut de faze nanocristaline și amorfă, ce atribuie suprafețelor

A fost realizată optimizarea procesului de pulverizare magnetron a filmelor bioactive – biosticlă (BS) și compozit de hidroxiapatită cu biosticlă (HAP-BS), pe substrat de oțel medicinal nanostructurat, prin modificarea condițiilor de depunere - distanța dintre țintă și substrat, frecvența, puterea și tensiunea sistemului magnetron, la fel și timpul de depunere, în rezultatul căreia au fost obținute straturi de o grosime de 850 nm. A fost stabilit, că filmul de BS posedă o adeziune mai înaltă comparativ cu compozitul HAP-BS și totodată rugozitatea mai înaltă a suprafeței oțelului contribuie la o majorare a adeziunii. Acoperirea oțelului cu filmele de biosticlă și hidroxiapatită contribuie la durificarea sistemului. Deci, sistemele acoperite BS/oțel și HAP-BS/oțel au un șir de priorități nu doar din punct de vedere biologic, dar și mecanic, pentru utilizarea lor în calitate de implanturi osoase. Rezultatele obținute au demonstrat, că aceste sisteme au o duritate mai înaltă comparativ cu oțelul și totodată o fragilitate mai scăzută comparativ cu probele 3D (voluminoase) de BS și HAP-BS.

Engleză

The examination of the nuclear kinetics (transition phase) regarding the induced co-storage of metals in the iron group with tungsten as kinetics of the solid phase formation in a fractal system under the conditions of the exponential dependence of the coordinate density allows, from a certain point of view, to explain (and predict) the following peculiarities of the composition and structure of the obtained coatings:

- nanocrystallinity (rontgenoamorphism), due to an increased speed in the exchange of interfaces (limit - exponential), which leads to a natural limitation of the obtained nuclei new phase,
- dependence of the properties of the obtained coatings (microhardness and corrosion resistance) on the volumetric density of the current;
- the implementation in the composition of the obtained coatings of the inclusions of oxide-hydroxide and hydrogen results in the participation in the process of formation of a new phase of solvent molecules (water) at an increased speed of the interphase exchange;
- the presence of macroscopic dimensional effects (microhardness and corrosion resistance) on the obtained coatings. The presented models (linear and nonlinear) and their qualitative coincidence with the experimental results can serve as a theoretical basis for solving one of the fundamental problems of electrochemical technology - the large-scale transfer from laboratory experiments to industrial technologies.

The statement in this report of the principle of obtaining nanostructured coatings in combination with the role of the volumetric current density in directing their properties, are of the fundamental importance for the transfer of proportions from laboratory tests into practice.

As a result of the systematic investigations of the process of electrospark alloying by using pulse generators (new design), it was possible to synthesize multicomponent coatings containing nanocrystalline and amorphous phases, which give hard surfaces high

The process of magnetron sputtering of the bioactive films – the bioglass (BG) and the composite of hydroxyapatite with bioglass (HAP-BG) - on the superficially nanostructured steel substrate was optimized by changing the sputtering conditions – the distance from the target and substrate, the frequency, power and voltage of the magnetron system, as well as, the sputtering time; and as a result, coatings of 850 nm thickness was obtained. It was revealed that BG film has higher adhesion in comparison with the composite HAP-BG and at the same time, the higher roughness of the steel surface contributes to the increase of the adhesion. The coating of the steel with the bioglass and hydroxyapatite films contributes to the hardening of the system. So, the coated systems have a range of advantage not only from biological point of view, but as well from mechanical one, for their application as bond implants. The obtained results demonstrated that coated structures BG/steel and HAP-BG/steel have higher hardness as compared to the steel and at the same time, lower fragility as compared to bulk BG and HAP-BG.

18. Recomandări, propuneri

Conducătorul de proiect _____ / mem.cor. A.Dicusar/

Data: _____

LS

**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**

1. Capitole în monografii naționale/internaționale

1. NICOLENCO, A.; NAVARRO-SENENT, C.; SORT, S. Nanoporous Composites With Converse Magnetolectric Effects for Energy-Efficient Applications. În: *Encyclopedia of Materials Composites*. Volume 2. Ed. D.Brabazon, Elsevier, 2021, p. 450-460. ISBN: 978-0-12-819731-8. Doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.11870-3.

2. Articole în reviste științifice:

2.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF).

1. NICOLENCO, A.; CHEN, Y.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; PELLICER, E.; SORT, J. Mechanical, magnetic and magnetostrictive properties of porous Fe-Ga films prepared by electrodeposition. *Mater Design*. 2021, 208, 109915-1—109915-11. Doi: 10.1016/j.matdes.2021.109915 (IF: 6,289)

2. CIALONE, M.; NICOLENCO, A.; ROBBENNOLT, S.; MENENDEZ, E.; RIUS, G.; SORT, J. Voltage-Induced ON Switching of Magnetism in Ordered Arrays of Non-Ferrimagnetic Nanoporous Iron Oxide Microdisks. *Adv Mater Interfaces*. 2021, 8(1), 2001143-1—2001143-10. Doi: 10.1002/admi.202001143 (IF: 4,948).

3. GRABCO, D.; SHIKIMAKA, O.; PYRTSAC, C.; BARBOS, Z.; POPA, M.; PRISACARU, A.; Vilotic, D.; Vilotic, M.; Alexandrov, S. Microstructures generated in AISI 316L stainless steel by Vickers and Berkovich indentations. *Mat Sci Eng A*. 2021, 805, 140597. Doi: 10.1016/j.msea.2020.140597 (IF: 4,652).

4. NICOLENCO, A.; DE H-ORA, M.; YUN, Ch.; MACMANUS-DRISCOLL, J.L.; SORT, J. Strain-gradient effects in nanoscale-engineered magnetolectric materials. *APL Materials*. 2021, 9(2), 020903-1—020903-9. Doi: 10.1063/5.0037421 (IF: 3,819).

5. MAZHEIKA, K.; REKLAITIS, J.; NICOLENCO, A.; VAINORIS, M.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H. Magnetic state instability of disordered electrodeposited nanogranular Fe films. *J Magn Magn Mater*. 2021, 540, 168433. Doi: 10.1016/j.jmmm.2021.168433 (IF: 2,993).

6. BELEVSKII, S.; SILKIN, S.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; DIKUSAR, A. The Influence of Sodium Tungstate Concentration on the Electrode Reactions at Iron–Tungsten Alloy Electrodeposition. *Coatings*. 2021, 11(8), 981-1—981-14. Doi: 10.3390/coatings11080981 (IF: 2,881).

7. MORARI V., PYRTSAC C., CURMEI N., GRABCO D., RUSU E.V, URSACHI V. V., TIGINYANU I. M. Nanoindentation of ZnSnO/Si thin films prepared by aerosol spray pyrolysis. *Rom J Phys*. 2021, 66(3-4), 603-1—603-18. ISSN 1221-146X. https://rjp.nipne.ro/2021_66_3-4.html (IF: 1,888).

8. GRABCO D.; NICORICI V.; TOPAL D.; PYRTSAC C.; SHIKIMAKA O. Plastic deformation and microhardness of $Pb_{1-x}Yb_xTe$ single crystals under quasi-static and sclerometric indentation. *Rom J Phys.* 2021, 66(9-10), 603-1—603-13. ISSN 1221-146X. https://rjp.nipne.ro/2021_66_9-10.html (IF: 1,888).

9. RUKANSKIS, M.; PADGURSKAS, J.; SABALIUS, A.; MICHAILOV, V.; KAZAK, N.; ZUNDA, A. Friction and Wear of Electrosark Coatings Made of Molybdenum, Bronze, and Combined (Ti + Al + C) Composition on Steel 45 in a Lubricant Medium. *J Frict Wear.* 2021, 42(1), 56—62. Doi: 10.3103/S1068366621010086 (IF: 0,606).

10. DIKUSAR, A.I.; LIKRIZON, E.A.; DIKUSAR, G.K. High-Rate Pulsed Galvanostatic Anodic Dissolution of Chromium–Nickel Steels in Electrolytes for Electrochemical Machining: The Role of Surface Temperature. *Surf Eng Appl Elect.* 2021, 57(1), 10—18. Doi: 10.3103/S106837552101004X (IF: 0,87).

11. MYRZAK, V.; GOTELYAK, A.V.; DIKUSAR, A.I. Size Effects in the Surface Properties of Electroplated Alloys between Iron Group Metals and Tungsten. *Surf Eng Appl Elect.* 2021, 57(4), 409—418. Doi: 10.3103/S1068375521040128 (IF: 0,87).

2.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

1. РУКАНСКИС, М.; ПАДГУРСКАС, Ю.; САБАЛЮС, А.; МИХАЙЛОВ, В.; КАЗАК, Н.; Жунда, А. Трение и износ электроискровых покрытий из молибдена, бронзы и комбинированного (Ti + Al + C) состава по стали 45 в среде смазки. *Трение и износ.* 2021, 42(1), 89—97. Doi: 10.21122/2220-9506-2021-42-1-89-97.

2. BARANOV, S.A. On the Size Dependence of the Surface Tension for Micro-and Nanocylinder. *J Anal Tech Res.* 2021, 3(2), 39—45. ISSN 2687-8038. Doi: 10.26502/jatri.021.

3. BARANOV, S.A. Modeling of Micro- and Nanocylinder. *J Anal Tech Res.* 2022, 3(2), 28—38. ISSN 2687-8038. Doi: 10.26502/jatri.020.

4. ОВЧИННИКОВ, Е.В.; ЧЕКАН, Н.М.; ХВИСЕВИЧ, В.М.; ВЕРЕМЕЙЧИК, А.И.; МИХАЙЛОВ, В.В.; КАЗАК, Н.Н. Структура электроискровых нанокпозиционных покрытий на металлической матрице. *Вестник Брестского государственного технического университета.* 2021, 1(124), 49—53. Doi 10.36773/1818-1212-2021-124-1-49-53.

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

1. БАРАНОВ, С.А.; ДИКУСАР, А.И. Кинетика электрохимической нанонуклеации при индуцированном соосаждении металлов группы железа с тугоплавкими металлами (W, Mo, Re). *Электронная обработка материалов.* 2021, 57(5), 1—12. Doi: 10.52577/eom.2021.57.5.01.

2. КОВАЛЬ, А.В. Исследование коррозионного поведения покрытий, полученных на стали при электроискровом легировании ручным вибратором повышенной частоты. *Электронная обработка материалов.* 2021, 57(1), 44—51. Doi: 10.5281/zenodo.4455859.

3. КОВАЛЬ, А.В. Особенности формирования фазового и элементного состава поверхности стали, при легировании ручным высокочастотным вибратором. *Электронная обработка материалов.* 2021, 57, в печати.

4. GRABCO D.; PYRTSAC C.; TOPAL D.; SHIKIMAKA O. Effect of friction on the micromechanical properties of AISI 316L austenitic steel. *J. Eng. Sci.* 2021, 2, 34-43. ISSN 2587-3474. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(2\).0](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(2).0) (categoria B+)

5. BARANOV, S.A. Modeling of a nanocylinder. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, 20(1), 46—55. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.03.

6. BARANOV, S.A. Glass-coated microwires for composites. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, 20(1), 56—65. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.04.

3. Articole în materiale ale conferințelor științifice

3.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. BAKAVETS, A.; ANISKEVICH, Y.; RAGOISHA, G.; TSYNTSARU, N.; CESIULIS, H.; STRELTSOV, E. The optimized electrochemical deposition of bismuth-bismuth telluride layered crystal structures. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2021, 1140(1), 012016-1—012016-7. Doi: 10.1088/1757-899X/1140/1/01201

3.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

1. GRABCO D.; PYRTSAC C.; SHIKIMAKA O. Relaxation parameters of Cu/substrate type coated systems under nanoindentation. Proceeding of 5 Intern. Confer. ICNBME-2021, 3-5 Nov. 2021, 4 pages.

4. Brevete de invenții

1. GOLOGAN, V.; SIDELNICOVA, S.; IVAȘCU, S.; VOLODINA, G. Procedeu de depunere a acoperirilor din electrolit pe bază de crom trivalent. Brevet de invenție MD 4720 C1 2021.05.31.

2. GOLOGAN, V.; SIDELNICOVA, S.; IVAȘCU, S.; MONAICO, E. Procedeu de depunere a acoperirilor din electrolit pe bază de nichel. Brevet de invenție MD 4721 C1 2021.05.31.

3. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1496 Z 2021.08.31.

4. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1495 Z 2021.08.31.

5. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1494 Z 2021.08.31.

6. PARȘUTIN V.; PARAMONOV A.; COVALI, A.; AGAFIL, V. Dispozitive de prelucrare electrochimică dimensională combinată cu laser a metalelor. Brevet de invenție MD 4743 C1 2021.09.30.

7. PARȘUTIN V.; COVALI, A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1507 Z 2021.09.30.

8. LOZAN V., JOVMIR T., PARȘUTIN VI., COVALI A. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Brevet de invenție MD 1534 2021.05.31.

9. LOZAN V., PARȘUTIN VI., COVALI A., JOVMIR T. Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă. Cerere s 2021 0049 din 2021.06.17.

10. PARȘUTIN VI., COVALI A. Utilizarea extractului apos din frunze de nuc și tanină în calitate de inhibitor al coroziunii oțelurilor în apă. Cerere s 2021 0060 din 2021.07.22

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare

(la data raportării)

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	2038.1		2038.1
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	591.1		591.1
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	34.9	-34.9	
Servicii editoriale	222910	0.3		0.3
Servicii de cercetări științifice contractate	222930	56.4		56.4
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	15.4	-6.8	8.6
Indemnizații pentru încapacitatea temporară de muncă achitate din mijloacele financiare ale angajatorului	273500	6.2		6.2
Procurarea pieselor de schimb	332110	31.9	37.1	69.0
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	37.7	4.6	42.3
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	6.0		6.0
Total		2818.0		2818.0

Conducătorul organizației _____ dr.hab.Mihai Macovei

Economist șef _____ Larisa Mitroșenco

Conducătorul de proiect _____ mem.cor.DicusarAlexandru

Data: _____

LS

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.5007.18

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Dicusar Alexandr	1942	dr.hab.	1.00	04.01.2021	
2.	Grabco Daria	1941	dr.hab.	1.00	04.01.2021	
3.	Belevschi Stanislav	1984	dr.	1.00	04.01.2021	
4.	Mihailov Valentin	1942	dr.	1.00	04.01.2021	
5.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	0.50	04.01.2021	
6.	Șikimaka Olga	1965	dr.	1.00	04.01.2021	
7.	Tințaru Natalia	1979	dr.	1.00	04.01.2021	04.01.2021
8.	Colibaba Gleb	1979	dr.	0.50	04.01.2021	
9.	Baranov Serghei	1948	dr.	0.50	04.01.2021	
10.	Borțoi Tudor	1952	dr.	0.50	04.01.2021	
11.	Croitoru Dumitru	1948	dr.	1.00	04.01.2021	
12.	Harea Evghenii	1974	dr.	1.00	04.01.2021	04.01.2021
13.	Iușenco Serghei	1960	dr.	1.00	04.01.2021	
14.	Ivașcu Sergiu	1976	dr.	1.00	04.01.2021	
15.	Nicolenco Aliona	1992	dr.	1.00	04.01.2021	04.01.2021

16	Braniște Fiodor	1989	dr.	0.50	04.01.2021	
17	Pîrțac Constantin	1975	dr.	0.50	04.01.2021	
18	Prisăcaru Andrian	1985	dr.	0.50	04.01.2021	
19	Barbos Zinaida	1986		1.00	04.01.2021	04.01.2021
20	Covalenco Chirill	1990		1.00	04.01.2021	
21	Covali Alexandru	1976		1.00	04.01.2021	
22	Ianachevici Anatolie	1969		0.50	04.01.2021	
23	Kazak Natalia	1983		1.00	04.01.2021	
24	Bivol Mihaela	1991		1.00	04.01.2021	
25	Crupnic Vitali	1957		1.00	04.01.2021	
26	Rusnac Dumitru	1995		0.50	04.01.2021	
27	Iațco Spiridon	1947		0.50		
	Total			22.00		

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	22
--	----

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Tîțaru Natalia	1979	dr.	-1.0	
2.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	0.5	04.01.2021
3.	Sidelnicova Svetlana	1944		0.5	04.01.2021
4.	Nicolenco Aliona	1992	dr.	-1.0	

5.	Baranov Serghei	1948	dr.	0.5	04.01.2021
6.	Bobanova Jana	1937		0.5	04.01.2021
7.	Barbos Zinaida	1986		-1.0	
8.	Spoială Dorin	1968		0.5	04.01.2021
9.	Bełoțercovschii Igor	1960		0.5	04.01.2021
10.	Harea Evghenii	1974	dr.	-1.0	
11.	Pîrțac Constantin	1975	dr.	0.50	04.01.2021
12.	Prisăcaru Andrian	1985	dr.	0.50	04.01.2021
13.	Tînțaru Natalia	1979	dr.	-1.0	
14.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	1.0	19.04.2021

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	22
--	----

Conducătorul organizației _____ / dr.hab.Mihai Macovei/

Economist șef _____ / Larisa Mitroșenco/

Conducătorul de proiect _____ / mem.cor.Alexandr Dicusar/

Data: _____

LȘ