

Anexa 1  
la Instrucțiunea privind raportarea anuală  
a implementării proiectelor din domeniile  
cercetării și inovării

**RECEPȚIONAT**

Agencia Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2020

**AVIZAT**

Secția AȘM \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2020

**RAPORT 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. \_\_\_\_\_

(numele, prenumele)

(semnătura)

Directorul organizației

Macovei Mihai, prof. \_\_\_\_\_

(numele, prenumele)

(semnătura)

Consiliul științific/Senatul

(numele, prenumele)

(semnătura)



Chișinău 2020

## 1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Dezvoltarea metodelor de obținere a acoperirilor nanostructurate electrochimice, aliere prin scânteie și biocompatibile, stabilirea mecanismelor de obținere a acestora și formarea proprietăților preconizate.

## 2. Obiectivele etapei anuale

1. Pe baza cercetărilor efectului de dimensiune al proprietăților acoperirilor electrolitice nanocristaline, se vor obține rezultate care trebuie să devină baza pentru crearea mecanismului de codepunere indusă a aliajelor studiate și determinarea relației reciproce în sistemul compoziție-structură-proprietate.

2. Va fi elaborată metodologia de deformare plastică severă (DPS) a oțelului AISI 316L pentru durificarea stratului superficial prin obținerea unei structuri nanocristaline. Vor fi stabilite condițiile de pulverizare magnetron pentru obținerea straturilor de hidroxiapatită (HA) și biosticlă (BS) pe substrat oțel și determinați parametrii de durabilitate, plasticitate și fragilitate a straturilor de HA și BS la micro/nanoindentare.

3. Vor fi stabilite regimurile optime de prelucrare, se vor asigura obținerea straturilor nanostructurate de înaltă calitate pe materialele selectate, după care vor fi studiate cu ajutorul microscopului optic pentru cercetarea structurilor obținute.

## 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Vor fi realizate cercetări asociate cu efectul dimensional al microdurității, rezistenței corozive, ș.a., proprietăți pentru acoperirile nanocristaline din metalele grupei fierului, aliate cu wolfram. Pentru aceasta vor fi utilizate metodele XPS, XRD, EDX precum și SEM, în combinație cu metoda de microindentare și determinarea rezistenței la coroziune pentru acoperiri obținute în diferite condiții de depunere electrochimică.

2. Vor fi testate mai multe metode tribologice de deformare DPS a oțelului AISI 316L pentru alegerea celei mai efective, în scopul durificării stratului superficial și determinate rugozitatea, microstructura și parametrii mecanici ale stratului durificat (nanostructurat) a oțelului. Vor fi efectuate cercetări în vederea stabilirii condițiilor optime de depunere magnetron a straturilor de hidroxiapatită (HA) și biosticlă (BS).

3. Vor fi selectate materialele (oțelurile de construcție, aliajele de titan), din care se vor confecționa probe speciale și care, după prelucrare, vor fi supuse diferitor testări în vederea determinării următorilor parametri: durității, rugozității, grosimii, continuității ș.a. Va fi studiată influența factorilor externi, cum ar fi încălzirea suplimentară în soluții apoase de electroliți, asupra tuturor caracteristicilor prezentate mai sus.

#### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Prin utilizarea diferitor modalități fizice (XPS, XRD, EDX, SEM), au fost studiate metodele de obținere a acoperirilor electrochimice nanostructurate a metalelor din grupa fierului, aliate cu wolfram (Co-W, Fe-W), din diferiți electroliți pur ecologici (soluții pe bază de citrat și gluconat). S-a studiat compoziția și însușirile depunerilor obținute: microduritatea, rezistența la coroziune și, de asemenea, capacitatea de microdifuzie a electrolitului.
2. Aplicând metodele tribologice de deformare plastică severă (DPS) a fost realizată prelucrarea stratului superficial a oțelului AISI 316L prin contactul "oțel-oțel" și "oțel-abraziv". Prin tratamentul chimic selectiv a fost evidențiată microstructura granulară a secțiunilor transversale ale probelor prelucrate și studiată modificarea microstructurii indusă de DPS. Au fost efectuate măsurările micro- și nanodurității ( $H$ ) la diferite adâncimi de la suprafața deformată și cercetată modificarea  $H$  indusă de deformarea superficială. A fost cercetată rugozitatea suprafețelor prelucrate prin metode tribologice la AFM în dependență de dimensiunea particulelor abrazive. Au fost depuse filme subțiri de HA și BS prin metoda pulverizării magnetron; structura și compoziția filmelor depuse au fost cercetate la XRD și AFM.
3. S-au elaborat și confecționat machete experimentale originale de generatoare de impulsuri electrice pentru efectuarea procesului de aliere prin scânteii electrice cu posibilitatea varierii într-un diapazon larg a valorii energiei descărcării și s-au modernizat echipamentele pentru realizarea procesului termochimic în electroliți. S-a pregătit baza pentru cercetări metalografice: dispozitive pentru confecționarea șlifurilor, reactive pentru decapare și multe alte atribute ale metalografiei.

#### 5. Rezultatele obținute

1. S-a stabilit că la depunerea indusă și obținerea acoperirilor nanostructurate a metalelor din grupa fierului cu wolfram au loc fenomene dimensionale a proprietăților (a microdurității și rezistenței la coroziune). Acestea sunt condiționate de formarea în straturile superficiale a straturilor oxidate, concentrația cărora se mărește odată cu creșterea valorii suprafeței de depunere și a densității volumetrice a curențului. Formarea acestora este o consecință a vitezei înalte de micșorare a concentrației complexului metal-oxidant. Drept rezultat are loc reacția chimică de interacțiune a intermediatului cu apa, viteza căreia determină concentrația oxizilor în stratul superficial.
2. A fost stabilit, că aplicarea metodelor tribologice de deformare plastică severă (DPS) cu utilizarea contactului "oțel-oțel" și "oțel-abraziv" rezulta în nanostructurarea stratului superficial a probelor de oțel AISI 316L. Dimensiunea granulelor este minimă în zona apropiată de suprafață cu majorarea lor treptată la îndepărtarea de la suprafață în adâncimea materialului. A fost demonstrat, că modificarea microstructurii granulare induce durificarea stratului superficial a oțelului, ce este în concordanță cu legea Hall-Petch. Astfel, duritatea ( $H$ ) a stratului supus acțiunii tribologice a demonstrat valori de pînă la 3,59 GPa, în comparație cu duritatea de 2,68 GPa a materialului nedeformat în zonele îndepărtate de la suprafață. S-a constatat, că prelucrarea tribologică cu utilizarea contactului "oțel-abraziv" permite de a controla rugozitatea suprafeței obținute. Astfel, aplicând abrazive cu dimensiunea particulelor de 10-15  $\mu\text{m}$ , 5-7  $\mu\text{m}$  și 2-3  $\mu\text{m}$ ,



au fost obținute suprafețe cu rugozitatea ( $R_a$ ) de 57 nm, 44 nm și 37 nm, respectiv. Este cunoscut, că rugozitatea substratului influențează asupra adeziunii stratului acoperit și în așa mod va putea fi aleasă rugozitatea, care va asigura cea mai bună adeziune dintre substratul de oțel și straturile de HA și BS acoperite.

Rezultatele măsurărilor a nanodurității a straturilor HA și BS depuse prin pulverizarea magnetron au demonstrat o duritate înaltă ( $H = 6,63$  GPa) pentru structura HA/st și o duritate joasă ( $H = 0,45$  GPa) pentru BG/st. În plus, a fost stabilită și o instabilitate chimică a BS, de aceea compoziția biosticlei va fi revizuită.

3. A fost elaborată o concepție nouă de prelucrare, folosind un proces (duplex proces) de modificare a suprafețelor metalice prin acțiunea complexă asupra acestora cu scânteii electrice + tratamentul termochimic în electroliți, folosind în calitate de electrozi de prelucrare materiale cu afinitate înaltă față de carbon, cum ar fi metalele tranzitorii din grupele IV-VI a tabelului periodic: Ti, , Cr, Ta, Mo, W și grafitul, ca sursă de carbon. A fost studiate legitățile procesului formării straturilor durificate, influența energiei descărcărilor în impuls, parametrii tehnologici ai procesului (forma mișcării acestora în raport cu suprafața de prelucrare ), durata tratamentului termochimic și a., care au permis optimizarea procesului tehnologic în în ceea ce ține de calitatea straturilor formate: continuitate, densitate, defecte minime în formă de fisuri și micropori.

Utilizând aparate și echipamente moderne de studiere a solidului, au fost efectuate cercetări structurale și de fază a acoperirilor formate care au demonstrat existența în acestea a fazelor nanocristaline, a compușilor de tip MeC cu înalte proprietăți fizico-chimice și de exploatare. Rezistența la coroziune a oțelului 40X13 în soluții de 3% NaCl supus prelucrării cu Ti+C și W+C a crescut mai mult de zece ori.

## 6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

1. Mulone, A.; **Nicolenco, A.**; Imaz, N.; Fornell, J.; Sort, J.; Klement, U. Effect of heat treatments on the mechanical and tribological properties of electrodeposited Fe-W/ $Al_2O_3$  composites. *Wear*. 2020, **448-449**, 203232. Doi: 10.1016/j.wear.2020.203232 (IF: 2,95).
2. **Grabco, D.**; **Pyrtsac, K.**; **Shikimaka, O.** The Sensitivity of Dislocation Rosettes to the Shape of a Berkovich Indenter on LiF and MgO Crystals. *Phys Solid State*. 2020, **62(8)**, 1386-1393. Doi: 0.1134/S106378342008017X (IF: 0,931).
3. Danil'chuk, V.V.; Shul'man, A.I.; Gotelyak, A.V.; **Yushchenko, S.P.**; **Kovalenko, K.V.**; **Dikusar, A.I.** Electrodeposition of Fe-W Coatings from a Citric Bath with Use of Divided Electrolytic Cell. *Russ J Appl Chem*. 2020, **93(3)**, 375-379. Doi: 10.1134/S107042722003009X (IF: 0,508).
4. **Belevskii, S.S.**; Danilchuk, V.V.; Gotelyak, A.V.; Lelis, M.; **Yushchenko, S.P.**; **Dikusar, A.I.** Electrodeposition of Fe-W Alloys from Citrate Bath: Impact of Anode Material. *Surf Eng Appl Elect*. 2020, **56(1)** 1-12. Doi: 10.3103/S1068375520010020 (IF<sub>sc</sub> =0,707).
5. Gamburg, Y.D.; **Baranov, S.A.** Typical Cluster Sizes in Metal Electrodeposition. *Surf Eng Appl Elect*. 2020, **56(2)**, 147-158. Doi: 10.3103/S1068375520020076 (IF<sub>sc</sub> =0,707).
6. Yurchenko, V.I.; Yurchenko, E.V.; **Dikusar, A.I.** Thick-Layer Nanostructured electrosparkle coatings of aluminum and its alloys. *Surf Eng Appl Elect*. 2020, **56(6)**, 656-

664 ( $IF_{sc} = 0,707$ ).

7. Анисович, А.Г.; Филатова, И.И.; Гончарик, С.В.; Гологан, В.Ф.; Бобанова, Ж.И. Изменение гальванического покрытия меди при воздействии холодной плазмы воздуха. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(1)**, 44-49. Doi: 10.5281/zenodo.3640444.
8. Парамонов, А.М.; Коваль, А.В. Разработка источников питания для электроискрового легирования с ручным вибрирующим электродом. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(1)**, 67-75. Doi: 10.5281/zenodo.3640580.
9. Грабко, Д.; Шикимака, О.; Пырцак, К.; Барбос, З.; Попа, М.; Присакару, А.; Вилотич, Д.; Вилотич, М.; Александров, С. Нано- и микромеханические параметры стали AISI 316L. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(1)**, 50-58. Doi: 10.5281/zenodo.3640700.
10. **Varanov, S.A.** Modeling of micro-and nanodroplets. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2020, **19(1-2)**, 45-53. Doi: 10.5281/zenodo.4118657.
11. Овчинников, Е.В.; Михайлов, В.В.; Чекан, Н.М.; Пинчук, Т.И. Структурные особенности нанокпозиционных покрытий, получаемых методом электроискрового легирования. *Горная механика и машиностроение*. 2020 (**1**), 93-100. ISSN 1728-3841.
12. **Бобанова, Ж.И.; Петренко В.И.;** Рушика, И.Д. Особенности микровыравнивания и формирования шероховатости при электрохимическом осаждения покрытий сплавов Co-W и Fe-W. *Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов XXVII Международной научно-технической конференции Машиностроение и техносфера XXI века*. Донецк, 2020, с. 40-44.
13. **Grabco, D.Z.;** Nicorici, V.Z.; **Barbos, Z.A.;** **Topal, D.;** **Shikimaka, O.A.** Micromechanical Properties and Plastic Deformation Features of the  $Pb_{1-x}Yb_xTe$  Ternary Semiconductors. In: *IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020*, p.149-153. Doi: 10.1007/978-3-030-31866-6\_31
14. Мырзак, В.; Готеляк, А.В.; **Дикусар, А.И.** О размерных эффектах свойств поверхностей, полученных при электроосаждении сплавов металлов группы железа с вольфрамом. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(6)** (in press).
15. **Кроитору, Д.М.;** Силкин, С.А.; **Казаку, Н.В.;** **Ивашку, С.Х.;** **Петренко В.И.;** Поштару, Г.И.; Юрченко, В.И.; Юрченко, Е.В. Физико-механические и трибологические свойства углеродсодержащих нанокмозитов полученных электроискровым легированием. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(6)** (in press).
16. **Vadim MORARI, Constantin PYRTSAC, Nicolai CURMEI, Daria GRABCO, Emil V. RUSU, Veaceslav V.URSACHI, Ion M. TIGHINEANU.** Nanoindentation of ZnSnO/Si thin films obtained by aerosol spray pyrolysis. *Thin Solid Films*, 2020 (in press).
7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezumat/abstracte) la foruri științifice
  1. **Дикусар, А.И.** Индуцированное соосаждение металлов группы железа с вольфрамом. Природа “Аномалий” состава с свойств покрытий. II Международная конференция, памяти чл.-корр. РАН Ю.М. Полукарова. Фундаментальные и прикладные вопросы



электрохимического и химико-каталического осаждения и защиты металлов и сплавов. Сборник тезисов. Москва, 2020, с. 26. (Доклад, тезисы)

2. **Дикусар, А.И.; Бобанова, Ж.И.; Петренко В.И.** Особенности формирования шероховатости и микровыравнивание профиля при электрохимическом осаждения сплавов Co-W. II Международная конференция,. памяти чл.-корр. РАН Ю.М. Полукарова. Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталического осаждения и защиты металлов и сплавов. Сборник тезисов. Москва, 2020, с. 58. (тезисы)
  3. **Бобанова, Ж.И.; Петренко В.И.; Кройтору, Д.М.** Свойства и структура нанокристаллических сплавов железа и кобальта с вольфрамом при осаждении из глюконатного раствора. II Международная конференция,. памяти чл.-корр. РАН Ю.М. Полукарова. Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталического осаждения и защиты металлов и сплавов. Сборник тезисов. Москва, 2020, с. 59. (тезисы)
  4. **Бобанова, Ж.И.; Петренко В.И.; Рушика, И.Д.** Особенности микровыравнивания и формирования шероховатости при электрохимическом осаждения покрытий сплавов Co-W и Fe-W. Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов XXVII Международной научно-технической конференции Машиностроение и техносфера XXI века. Донецк, 2020, с. 40-44. (Доклад, тезисы)
8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală
1. Parșutin, V.; Cernișeva, N.; **Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a oțelului de coroziune în apă.* Brevet de invenție MD 1371 Z 2020.04.30.
  2. Parșutin, V.; Paramonov, A.; Șchileov, V.; **Covali, A., Cernișeva, N.; Agafii, V.** *Electrod-sculă și procedeu pentru prelucrarea electrochimică dimensională combinată cu laser a metalelor.* Brevet de Invenție nr. MD 1376 Z 2020.07.31.
  3. Parșutin; V., **Șoltoian, N.; Cernișeva, N.; Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a ațelului împotriva coroziunii în apă.* Brevet de Invenție nr. MD 1382 Z 2020.07.31.
  4. Parșutin, V.; **Șoltoian, N.; Cernișeva, N.; Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a oțelului împotriva coroziunii în apă.* Brevet de Invenție nr. MD 1397 Z 2020.08.31.
  5. Parșutin, V.; **Șoltoian, N.; Cernișeva, N.; Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a oșelului împotriva coroziunii în apă.* Brevet de Invenție nr. MD 1416 Z 2020.10.31.
  6. Parșutin, V.; **Șoltoian, N.; Cernișeva, N.; Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a oșelului împotriva coroziunii în apă.* Brevet de Invenție nr. MD 1415 Z 2020.10.31.
  7. Parșutin, V.; **Șoltoian, N.; Cernișeva, N., Covali, A.; Agafii, V.** *Procedeu de protecție a oșelului împotriva coroziunii în apă.* Brevet de Invenție nr. MD 1414 Z 2020.10.31.
  8. Parșutin, V.; Paramonov, A.; **Covali, A.; Agafii, V.** *Electrod-sculă pentru prelucrarea electrochimică dimensională.* Brevet de Invenție nr. MD 1413 Z 2020.10.31.
9. Materializarea rezultatelor obținute
10. Dificultățile în realizarea proiectului Concluzii

1. S-a stabilit că la depunerea indusă și obținerea acoperirilor nanostructurate a metalelor
--



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

Cifrul proiectului: \_\_\_\_\_

Cheltuieli, mii lei						
Denumirea	Cod		Anul de gestiune			
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat	Executat	Sold
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180					
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100					
Prime de asigurare obligatorie de asistenta medicală achitate de angajator și angajați pe teritoriul țării	212210					
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720					
Servicii de cercetări științifice	222930					
Servicii neatribuite altor aliniate	222990					
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	316110					
Procurarea activelor nemateriale	317110					
Procurarea pieselor de schimb	332110					
Procurarea medicamentelor și materialelor sanitare	334110					
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110					
Total						

*Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)*

Conducătorul organizației \_\_\_\_\_ / (numele, prenumele)

Contabil șef \_\_\_\_\_ / (numele, prenumele)

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

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	02.01.20	
2.	Grabco Dana	1941	Dr.hab.	1	02.01.20	
3.	Belevschi Stanislav	1984	Dr.	1	02.01.20	
4.	Mihailov Valentin	1942	Dr.	1	02.01.20	
5.	Petrenco Vladimir	1946	Dr.	0,5	02.01.20	
6.	Șikimaka Olga	1965	Dr.	1	02.01.20	
7.	Țânțaru Natalia	1979	Dr.	0	02.01..20	
8.	Colibaba Gleb	1979	Dr.	0,5	02.01.20	
9.	Baranov Serghei	1948	Dr.	0,5	02.01.20	
10.	Borțoi Tudor	1952	Dr.	0,5	02.01.20	
11.	Croitoru Dumitru	1948	Dr.	1	02.01.20	
12.	Harea Evghenia	1974	Dr.	1	02.01.20	
13.	Iușcenco Serghei	1960	Dr.	1	02.01.20	
14.	Ivașcu Serghei	1976	Dr.	1	02.01.20	
15.	Nicolenco Aliona	1992	Dr.	1	02.01.20	
16.	Braniște Fiodor	1989	Dr.	0,5	02.01.20	
17.	Pîrțac Constantin	1975	Dr.	0,5	02.01.20	
18.	Prisăcaru Andrian	1985		0,5	02.01.20	
19.	Barbos Zinaida	1986		1	02.01.20	
20.	Covalenco Chirill	1990		1	02.01.20	
21.	Covali Alexandru	1976		1	02.01.20	
22.	Ianachevici Anatolie	1969		0,5	02.01.20	
23.	Kazak Natalia	1983		1	02.01.20	
24.	Bivol Mihaela	1991		1	02.01.20	
25.	Crupnic Vitalii	1957		1	02.01.20	
26.	Rusnac Dumitru	1995		0,5	02.01.20	
27.	Iațco Spiridon	1947		0,5	02.01.20	

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Șcurpelo Anatolii	1948	cerc. șt. sup.	1	01.08.2020
2.	Spoială Dorin	1968	cerc. șt.	0,5	16.07.2020
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor <b>la data raportării</b>	20
--	----

Conducătorul organizației M. Macovei Macovei Mihai/ (numele, prenumele)

Contabil șef C. Mîndru Mîndru Cecilia/ (numele, prenumele)

Conducătorul de proiect Alexandru Dicusar Alexandr/ (numele, prenumele)

Data: 30.11.20

LȘ

