

УДК 669. 793

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ ОБРОБКОЮ ЕЛЕКТРОДАМИ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ХРОМУ

О. Д. МАРТИНЕНКО, к.т.н., доцент;

А. К. АВТУХОВ, д.т.н., професор;

С. В. ЛИСЕНКО, ст. викладач;

С. Б. ДУМІНДЯК, магістрант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: martynenko_dm@ukr.net)

У роботі розглянуто нанесення покриттів методом електроіскрової обробки електродами з різним вмістом хрому. Наведено графічні та математичні залежності визначення ерозії анода та додатку ваги катода при обробці деталей.

Ключові слова: електроіскрова обробка (ЕІО), поверхневий шар, ерозія аноду, додаток катода, зміцнення, відновлення.

Для підвищення зносостійкості деталей необхідно на поверхнях, що зношуються створювати зміцнені шари або покриття з високими фізико-механічними властивостями. Існуючі методи створення таких шарів або покриттів, що застосовуються як на стадії виготовлення, так і при ремонті, не позбавлені недоліків, що обмежують сферу застосування тієї чи іншої технології. Перспективним способом формування зміцнювальних покриттів на робочих поверхнях деталей машин, значною мірою позбавленим багатьох недоліків і тим, що отримав останнім часом широке поширення, є метод електроіскрової обробки (ЕІО).

Одним із шляхів підвищення зносостійкості електроіскрових покриттів (ЕІП) є створення в них нанокристалічних та аморфних структур. Отримання таких ЕІП можливе під час використання відповідних електродних матеріалів.

Вибір матеріалу електроду при ЕІО [1, 2] нерозривно пов'язаний з матеріалом відновлюваної деталі та експлуатаційними вимогами. При цьому істотно впливає хімічний склад анода, який визначає експлуатаційні показники (рівень фізико-механічних властивостей, зносостійкість, схильність до викришування, міцність зчеплення нанесеного шару з металом відновленої деталі).

Враховуючи це, в роботі розглянули взаємозв'язок сумарного додатку ваги катода - деталі ($\sum_{i=1}^n \Delta k_i$) – Сталь-45 від енергії імпульсу - Е обробки і матеріалу анода - електрода. В якості катода для досліджень було вибрано сплави на основі заліза з різним вмістом хрому (табл. 1)

Обробку проводили за двома режимами: $E_1=0,9$ Дж; $E_2=3,4$ Дж.

Встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсів $E_1 \rightarrow E_2$ приріст катоду зростає для всіх досліджуваних матеріалів.

Таблиця 1. Спеціально виготовлені хромисті сплави, використані як анод при ЕЮ

Номер сплаву	Вміст компонентів у сплаві, %	
	C	Cr
1	1,5	10,0
2	1,5	15,7
3	1,5	20,0
4	1,5	30,0

Для вивчення явища масопереносу та зв'язку між параметрами обробки були визначені залежності сумарної ерозії анода - $\sum_{j=1}^n \Delta a$ та приросту ваги катода $-\sum_{j=1}^n \Delta k$ після ЕЮ. Отримано графічні залежності наведено на рис. 1, 2.

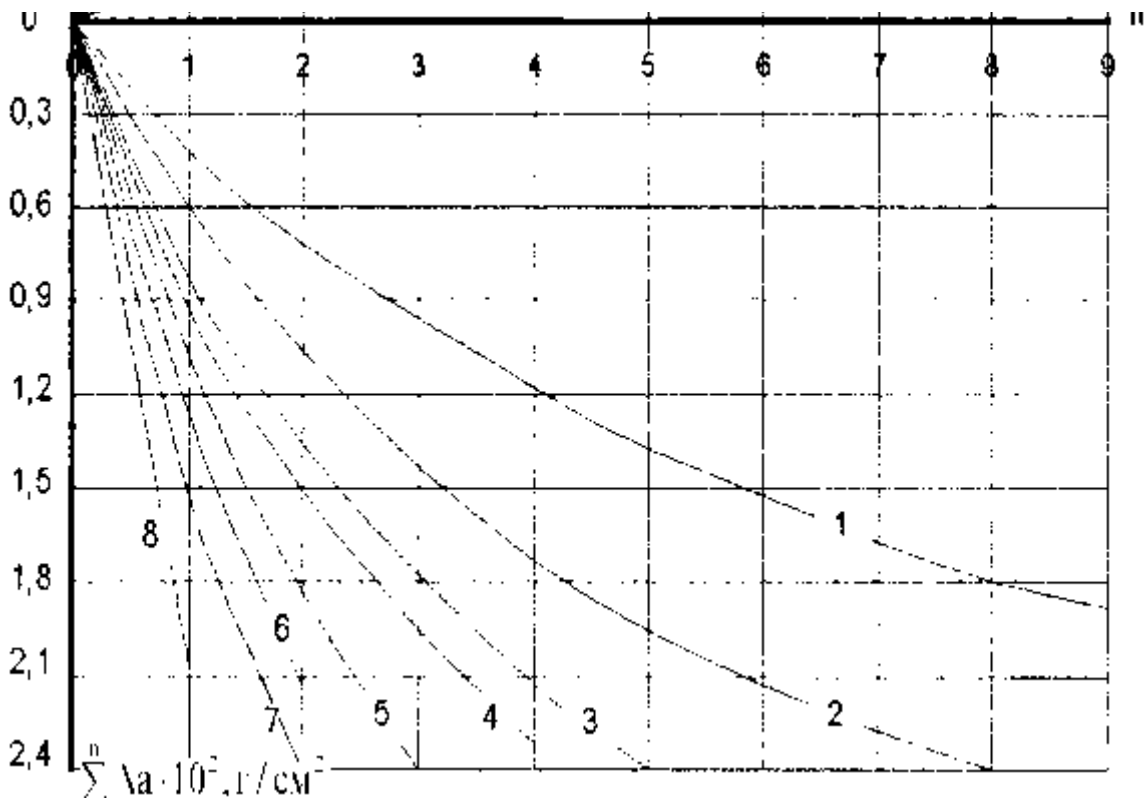


Рисунок 1. Залежність сумарної ерозії аноду - $\sum_{j=1}^n \Delta a$ при ЕЮ від кількості проходів електродом з різним вмістом хрому: криві - 1, 3, 5, 7 - при $E=0,9$ Дж; 2, 4, 6, 8 - при $E = 3,4$ Дж; зразок 4 - криві 1, 2 (30% Cr); зразок 3- криві 3, 4 (20% Cr); зразок 2 - криві 5, 6 (15,7% Cr); зразок 1 - криві 7, 8 (10% Cr)

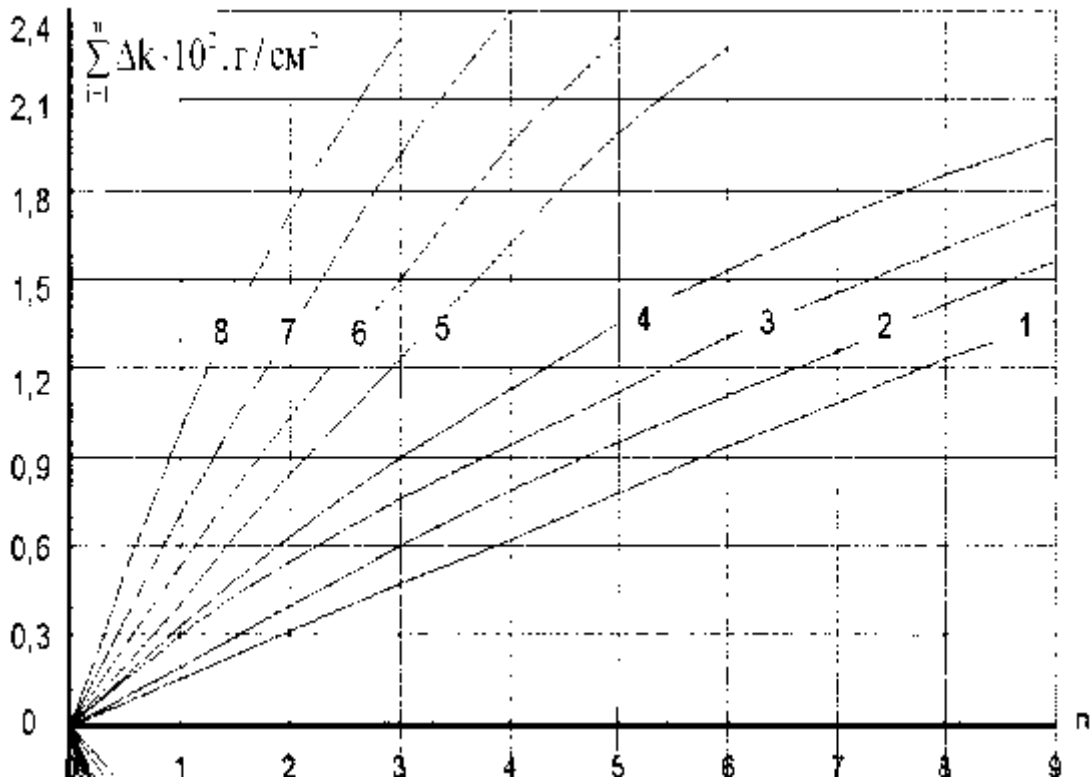


Рисунок 2. Залежність додатку катоду - $\sum_{j=1}^n \Delta k$ при ЕІО від кількості

проходів електродом з різним вмістом хрому: криві - 1, 3, 5, 7 - при $E=0,9$ Дж; 2, 4, 6, 8 - при $E = 3,4$ Дж; зразок 4 - криві 1, 2 (30% Cr); зразок 3- криві 3, 4 (20% Cr); зразок 2 - криві 5, 6 (15,7% Cr); зразок 1 - криві 7, 8 (10% Cr)

Зі збільшенням енергії імпульсу обробки при фіксованому значенні вмісту вуглецю, що дорівнює 1,5%, отримали (див. рис. 2), що приріст ваги катода істотно зростає, проте більшою мірою для матеріалів зі зниженою концентрацією хрому. У цьому випадку дослідженнями підтверджується, що масоперенесення металу з анода на катод визначається матеріалом анода, числом проходів електрода і енергією імпульсу.

Як основні чинники в дослідженнях були обрані такі фактори: концентрація вуглецю - (X_1) і хрому - (X_2) у металі анода; енергія імпульсу, E - (X_3); число проходів електрода, n - (X_4). Для розрахунку математичної моделі був прийнятий план експерименту 2^4 (1/2 репліки). Як параметр оптимізації прийнятий приріст ваги катода $\sum \Delta k$ (Y), г/см².

Виходячи з результатів досліджень було отримано рівняння (1), що відображає залежність сумарного приросту ваги катода $\sum \Delta k$ (Y), г/см² від концентрації основних та легуючих елементів анода та параметрів обробки з коефіцієнтом кореляції $R \geq 0,9$.

$$\sum \Delta k = 1,11 \frac{\sqrt{C \times E_u}}{Cr^2} \times n - 0,02 \frac{E_u \times \sqrt{C}}{Cr} \times n^2 \quad (1)$$

де - C , Cr - відповідно вміст вуглецю і хрому в матеріалі електрода, мас.%;

E_u - енергія імпульсу обробки, Дж;

n – кількість проходів електродом під час обробки.

Як показали дослідження (див. рис. 1 і рис. 2), використання як електродів матеріалів із вмістом вуглецю 1,5-2,5% і хрому 10,0-30,0% не доцільно вибирати число проходів електрода більше 2-3х. За такого обмеження забезпечується достатній приріст катода. Чим вище концентрація вуглецю та хрому, тим раніше проявляється ефект "граничного шару".

Висновки.

1. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсу від $E=0,9$ Дж до $E=3,4$ Дж приріст ваги катода зростає в 2,0 2,4рази.

2. Підтверджено доцільність застосування як матеріалу анода високолегованих сплавів, особливо з підвищеним вмістом хрому. Однак у цих сплавах концентрація вуглецю не повинна бути надто високою.

3. Максимальний приріст додатку ваги катода досягається при впливі кожного фактору окремо: енергія імпульсу $E = 3,4$ Дж; число проходів $n = 6$; концентрація хрому – 10%.

Список використаних джерел

1. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И. Исследование влияния химического состава анода на величину и качество слоя, восстановленного электроискровым методом. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: - Х.: ХГТУСХ, 1997. – С.75-81.

2. Исследования распределения химических элементов в слое после электроискровой обработки (ЭИО) [Текст]: сборник научных трудов / А. Д. Мартыненко // Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: сборник науч. тр. - Харьков : ХГТУСХ, 1997. - С. 140-145. - Библиогр.: с. 145. - ISBN 5-7987-0176-X

3. Вплив параметрів на формування нарощувального шару та сійкість анода при електроіскровій обробці [Текст] / О. Д. Мартиненко, А. В. Хар'яков, С. В. Лисенко, Д. О. Мартиненко, Т. С. Скобло // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : ФОП Воронюк В. В., 2010. - Вип. 96 : Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонт. вир-ві. - С. 427-433.

4. Нанесение покрытий методом ЭИО электродами с различным составом [Текст] / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, А.Д. Мартыненко // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: труды IX Междунар. науч.-техн. конф., г. Харьков, 3-4 июня. 2004 г. – Х.: ХНПК "ФЭД", 2004. - С. 170-176.

5. Вплив параметрів обробки та електродного матеріалу на якість та властивості відновленого шару методом електроіскрового нарощування [Текст] / О. Д. Мартиненко, Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, О. А. Науменко // Перспективы развития механизации, автоматизации и технического сервиса сельскохозяйственного производства: сборник тр. II науч.-практ. конф. - Полтава, 1997. - С. 32-35.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.