

## РОЗРЯДНО-ІМПУЛЬСНА СИСТЕМА ВИРОБНИЦТВА ІСКРОЕРОЗІЙНИХ ПОРОШКІВ МЕТАЛІВ ІЗ ВИСОКОЮ ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЮ

*А. В. Жильцов, доктор технічних наук  
В. В. Коробський, кандидат технічних наук  
С. О. Лапшин, Г. А. Гранкін, аспіранти\*  
e-mail: kor-vlad-2002@mail.ru*

**Анотація.** *Наведено результати роботи зі створення експериментального комплексу для здійснення об'ємного електроіскрового диспергування струмо-провідних електроконтактних матеріалів. Досліджено вплив енергетичних параметрів розрядного контуру на дисперсність мікро- та нанофракцій порошку.*

**Ключові слова:** *фізика електричного розряду, об'ємне електроіскрове диспергування, електроіскровий синтез, плазма, порошки металів*

Електроіскрові технології отримання наноструктурних і ультрадисперсних порошоків металів і сплавів нині є одними з найефективніших і можуть задовольняти вимоги поставленої наукової та прикладної задачі. Багаторічні дослідження електроіскрових процесів [2, 5], діагностика плазмового каналу розряду [1], вивчення фізичних явищ, що супроводжують електричний розряд, встановлення взаємозв'язків між електрофізичними параметрами та ерозією металів, дали змогу виокремити їх у самостійний технологічний процес.

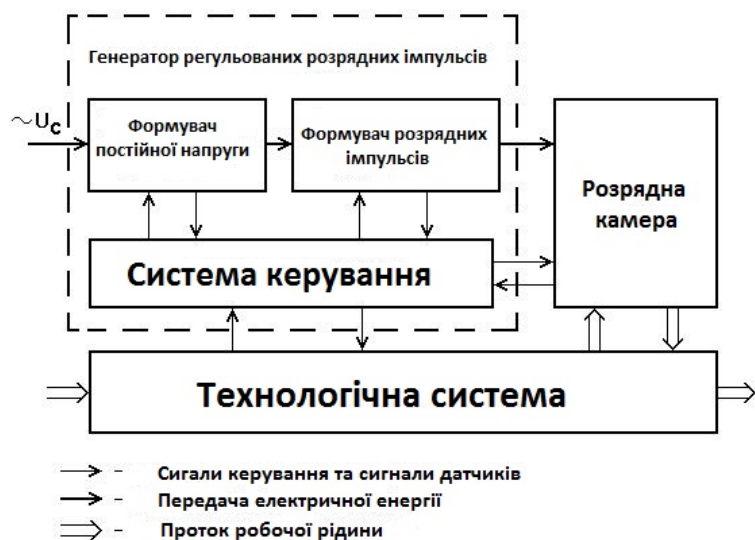
**Мета досліджень** – встановлення механізмів та вивчення особливостей процесу електроіскрового диспергування струмопровідних електроконтактних матеріалів, а також матеріалів для модифікування металевих сплавів.

**Матеріали та методика досліджень.** Для реалізації електроіскрового синтезу порошоків металів, які мають високу електропровідність (порошок міді, заліза, алюмінію тощо), було розроблено структурну схему комплексу об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул [5], яка включає в себе генератор іскророзрядних імпульсів, розрядну камеру та технологічну систему (рис.1). Головними блоками генератора є напівпровідникові формувачі постійної напруги та формувач розрядних імпульсів, а також система керування режимами генератора, розрядної камери і технологічної системи.

---

\*Науковий керівник – доктор технічних наук А. В. Жильцов

© А. В. Жильцов, В. В. Коробський, С. О. Лапшин, Г. А. Гранкін



**Рис. 1. Структурна схема комплексу об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул**

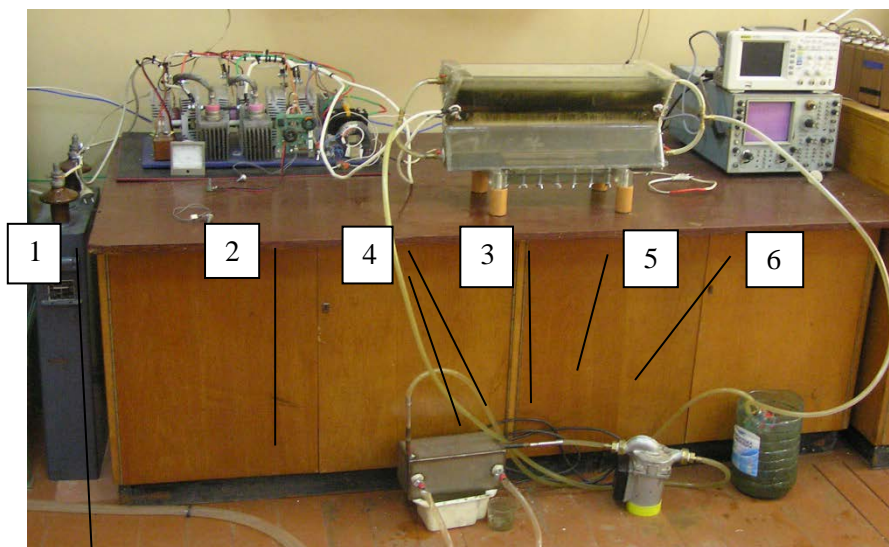
Реалізація електроіскрового процесу здійснюється на експериментальному комплексі, загальний вигляд якого наведено на рис. 2, а його робочі параметри наведено в таблиці.

#### Робочі параметри експериментального комплексу

Індуктивність розрядного контуру, мкГн	Напруга заряджання конденсатора, В	Ємність конденсатора, мкФ	Електропровідність камери, мС/см	Опір камери, Ом	Частота імпульсів, кГц
~ 1	40...200	25...100	0,001...0,02	0,15...1,5	0,2...2

Силова частина комплексу складається з тиристорного генератора (2), як накопичувач енергії використовуються конденсатори (1) ємністю від 25 до 100 мкФ. Особливістю реалізації методу об'ємного електроіскрового диспергування, є наявність струмопровідного шару гранул (3), що розташований між основними електродами (4). Процес відбувається в реакційній камері (5), заповненій слабопровідною деіонізованою водою (6). Подача напруги на основні електроди викликає проходження струму по колу вільно розміщених гранул у режимі стохастичної комутації. Використання низьких напруг та невеликих міжелектродних проміжків, дає змогу забезпечувати режими, в яких до 85% усієї накопиченої енергії на конденсаторі використовується для локального розігрівання поверхні контактуючих гранул.

Реакційна камера в перерізі має вигляд піщаного годинника продовгуватої форми, завдовжки 500 мм, що складається з двох зон. У верхній робочій зоні камери розташовані два електроди. Міжелектродний простір заповнений шаром струмопровідних гранул. Нижня частина камери призначена для сепарації, осаджування та збирання одержуваного матеріалу необхідного розміру.



**Рис. 2. Загальний вигляд експериментального комплексу для електроіскрового диспергування**

В зоні утворення імпульсних плазмових каналів шару струмопровідних гранул електричний опір, який залежить від напруги і частоти розрядних імпульсів, є незначним за величиною і нелінійно та стохастично змінюється. Тому, для стабілізації цих параметрів запропоновано оновлення струмопровідного шару новими гранулами, у міру їх спрацьовування, що є додатковим каналом стабілізації електричних розрядів. Крім того, утилізація продуктів електричної ерозії, за рахунок запропонованої конструкції розрядної камери, забезпечує стабільність опору струмопровідного шару та, у кінцевому підсумку, призводить до стабільності основних електрофізичних параметрів процесу електроіскрового диспергування.

**Результати досліджень.** Для експериментальної розрядної камери об'ємного електроіскрового диспергування шару струмопровідних гранул у процесі проведення експериментів встановлено, що основними параметрами, які впливають на дисперсність мікро- та нанофракцій є параметри розрядного контуру: ємність, активний опір, індуктивність і напруга на ємності.

Так, крім основних параметрів розрядного кола, безпосередньо впливають на ймовірний маршрут перерозподілу енергії параметри струмопровідного шару, а саме: геометрія та стан поверхні, матеріал гранул металу (теплофізичні характеристики) та опір шару гранул. Небажаним режимом є випадок, коли на всій ділянці кола виникає активний опір і енергія конденсатора за законом Джоуля-Ленца трансформується у теплоту нагрівання робочого середовища. Регулярними складовими процесу є омичні втрати енергії контуру та енергії іонізації міжелектродного проміжку. Безпосередній внесок в утворення дисперсної фази дає теплова енергія каналу. Одночасно,

частина енергії, що подається в канал, використовується на випромінювання, розширення та генерацію ударної хвилі.

Вивчення впливу електричних параметрів розрядного кола на механізм руйнування електродів і шару контактуючих гранул та утворення нанорозмірної фракції в продуктах ерозії, дає змогу виокремити як головні чинники процесу напругу заряджання конденсатора  $U_0$  та його ємність  $C$ . Разом з тим, враховуючи специфіку струмопровідного шару, набуває не менш значного впливу характер розміщення металевих гранул, які впливають на інтегральний опір реакційної камери  $R_k$ . Забезпечення мінімального значення опору камери та виконання умови

$R_{kmin} \geq 2\sqrt{L/C}$ , дає змогу уникнути критичного режиму енерговведення.

Одночасно, значення  $R_{kmax}$  повинно забезпечувати уникнення режиму неробочого (холостого) ходу джерела живлення.

Очевидно, що зі збільшенням  $U_0$  збільшується запас енергії, що є на конденсаторі:

$$W_c = 0,5 \cdot U_0^2 C \quad (1)$$

де  $U_0$  – напруга заряджання конденсатора, В;

$C$  – ємність конденсатора, Ф.

Відповідно до схеми (рис. 1), перетворення енергії електроіскрового процесу відбувається так, що до розрядного (плазмового) каналу вводиться енергія  $W_k$ , результуюча складова якої дорівнює:

$$W_k = \int I(t) U(t) dt, \quad (2)$$

де  $I(t)$  – потокове значення струму, А;

$U(t)$  – потокове значення напруги, В.

Енергія  $W_k$  є більшою частиною запасеної енергії на конденсаторі і пропорційно енергії  $W_c$  збільшується енергія  $W_k$ . Якщо знехтувати омичними втратами розрядного контуру ( $W_r$ ), омичним нагріванням контактів ( $W_R$ ) та прийняти, що енергія іонізації міжелектродного проміжку  $W_i$  не є визначальною в енергетичному балансі процесу, то зі збільшенням  $U_0$  збільшується тепловий вплив на поверхні контактуючих гранул і, відповідно, посилюється їх руйнування внаслідок плавлення та випаровування у локальних об'ємах.

Збільшення ємності  $C$  конденсатора до величини 300...500 мкФ не тільки підвищує загальну енергію процесу руйнування, але й суттєво подовжує тривалість розряду, що, разом зі збільшенням напруги заряджання  $U_0$ , викликає переважно плавлення поверхонь гранул та утворення мікрофракції з розмірами частинок 10...500 мкм. Зменшення ємності конденсатора до величини 25 мкФ і нижче, помітно зменшує енергію розряду, при цьому випаровування практично не відбувається, а руйнування поверхонь гранул здійснюється тільки за рахунок локального плавлення.

## Висновки

1. Розроблена експериментальна розрядна камера для отримання порошкових матеріалів дає змогу досліджувати особливості підводних низьковольтних розрядів. У процесі експериментів встановлено, що основними чинниками, які впливають на дисперсність мікрофракцій є параметри розрядного контуру: ємність (переважно 300...500 мкФ), активний опір, індуктивність, і напруга на ємності, а також електрофізичні процеси, що протікають у розрядній камері.

2. У процесі експериментальних досліджень було встановлено параметри розрядного контуру, що забезпечують необхідні розміри мікрота нанофракцій для виготовлення електроконтактних матеріалів.

## Список літератури

1. Бабіч І. Л. Спектроскопія плазми електродугового розряду між композитними електродами Ag–Cu / І. Л. Бабіч, В. Ф. Борецький, А. М. Веклич та ін. // Электрические контакты и электроды. – К. : Ин-т пробл. Материаловедения НАН Украины, 2010. – С. 82–115.

2. Золотых Б. Н. О физической природе электроискровой обработки металлов / Б. Н. Золотых // Электроискровая обработка металлов. – М. : Наука, 1957. – Вып. 1. – С. 38–69.

3. Лопатько К. Г. Структура та властивості наночастинок, отриманих електроіскровою обробкою міді та срібла / К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтанділянц, Я. В. Зауличний, М. В. Капець // Металознавство та обробка металів. – 2009. – № 3. – С. 57–62.

4. Щерба А. А. Анализ методов повышения эффективности электроэрозионной коагуляции при очистке водных сред / А. А. Щерба, С. Н. Захарченко, К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтанділянц // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. Ч. 2. – 2008. – С. 120–125.

5. Щерба А. А. Разрядно-импульсные системы производства нанокolloидных растворов биологически активных металлов методом ОЭИД / А. А. Щерба, С. Н. Захарченко, К. Г. Лопатько [и др.] // Праці ін.-ту електродинаміки НАН України. – 2010. – Вип. № 26. – С. 152–160.

## РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНАЯ СИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА ИСКРОЭРОЗИОННЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ С ВЫСОКОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТЬЮ

**А. В. Жильцов, В. В. Коробский, С. А. Лапшин, Г. А. Гранкин**

**Аннотация.** Приведены результаты работы по созданию экспериментального комплекса для осуществления объемного электроискрового диспергирования токопроводящих электроконтактных материалов. Исследовано влияние энергетических параметров разрядного контура на дисперсность микро- и нанофракций порошка.

**Ключевые слова:** электрический разряд, объемное электроискровое диспергирование, электроискровой синтез, плазма, порошки металлов

## DISCHARGE PULSE SYSTEM FOR SPARK EROSION POWDERS OF METALS WITH A HIGH ELECTRICAL CONDUCTIVITY

*A. Zhiltsov, V. Korobsky, S. Lapshin, G. Grankin*

**Annotation.** *The results of work on creation of the experimental complex for dispersion of the bulk electric-conductive materials. The influence of the energy parameters of the discharge circuit to dispersing micro- and fractions of nanosized powder.*

**Key words:** *electric discharge, dispersing volume-tension, electric spark synthesis, plasma, metal powders*

УДК 631.3

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ ВПЛИВОМ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ФОТОРЕАКТИВАЦІЇ

*Л. С. Червінський, доктор технічних наук*

*Т. С. Книжка, кандидат технічних наук*

*О. І. Романенко, асистент*

*Я. М. Луцак, аспірант\**

*e-mail: lchervinsky@gmail.com*

**Анотація.** *Розглянуто теорію пояснення первинного механізму процесу фотореактивації, яка дає змогу прогнозувати цей процес та використовувати його реальних умовах одержання продукції тваринництва й птахівництва.*

**Ключові слова:** *фотореактивація, фотон, біологічні об'єкти, оптичне випромінювання*

Нещодавно встановлене явище фотореактивації, яке проявляється в зменшенні дії на біологічні системи та організми від короткохвильового оптичного випромінювання подальшим опроміненням більш довгохвильовим випромінюванням, привертає дедалі більшу увагу вчених фотобіологів усіх країн світу [1, 2].

**Мета досліджень** – визначення фотореактивації біологічної дії конкретної ділянки спектра оптичного випромінювання, як методу кількісного регулювання впливу на біологічний об'єкт.

**Матеріали та методика досліджень.** У роботі застосовуються методи оптичного аналізу в межах квантово-механічної теорії.

---

\* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Л. С. Червінський

© Л. С. Червінський, Т. С. Книжка, О. І. Романенко, Я. М. Луцак, 2016