

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЇ ПОВЕРХОНЬ КОНТАКТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННОЇ МІКРОСКОПІЇ

В. В. Коробський, кандидат технічних наук
В. О. Гураль, студент магістратури
e-mail: kor-vlad-2002@mail.ru

Анотація. Наведено результати дослідження морфології контактних поверхонь металокерамічних контакт-деталей на основі міді з домішками металів та інших термодинамічно стійких з'єднань. Зроблено рентгеноспектральний та металографічний аналіз контактних поверхонь, що сприяв виявленню закономірностей ерозійного руйнування розривних мостикових контактів на основі Си.

Ключові слова: контакт-деталь, контактний матеріал, ерозійне зношування, морфологія, металографічний аналіз, спектри випромінювання

Металографічний аналіз робочих поверхонь композиційних контактів сприяє виявленню закономірностей електроерозійного зношування, встановленню причин, які викликають той чи інший вид ерозійного руйнування контактуючих поверхонь. Ерозійне зношування розривних контактів може бути викликане наявністю мостикової ерозії, дією короткої дуги (масоперенос від анода до катоду), виникненням плазмової дуги (переважно масоперенос від катоду до аноду). Відмітною морфологічною ознакою враження плазмовою дугою є суттєва різниця в розмірах катодних (α_k) і анодних плям (α_a), які залишаються на поверхні контактів, і, слід відзначити, що $\alpha_a < \alpha_k$, тоді як для короткої дуги характерно $\alpha_a = \alpha_k$ [7].

Мета досліджень – проведення металографічного та рентгеноспектрального аналізу контактних поверхонь і виявлення впливу енергетичних параметрів електричної дуги на величину електроерозійного зношування.

Матеріали та методика досліджень. Для дослідження було взято контакт-деталі пускачів, виготовлені з таких контактних матеріалів:

1) 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y₂O₃ [1].

2) 81,3%Cu+10%Cr+3%TiB₂+3%Nb+2%C+0,7%Zr [6].

Морфологічні дослідження поверхонь контактування проводилися за методикою, що викладена в роботах [2, 3], з використанням растрового електронного мікроскопа «Cambridge Stereoscan» S4-10 з приставкою для рентгеноспектрального аналізу Link System – 290 і рентгенівським мікроаналізатором «Camebax SX – 50».

Твердість (мікротвердість) фазових складових композиційних спечених матеріалів, яка називається уявною твердістю, визначається методом Вікерса за допомогою приладу ПМТ-3. Вимірювання проводяться на 3 зразках кожного матеріалу. На кожному зразку здійснюється не менше, ніж 5 вимірів [4].

Результати досліджень. Проведений рентгеноспектральний аналіз контактів (рис. 1) уможлиблює дослідження впливу енергії дуги на розподіл фаз складових матеріалу в поверхневих шарах.

На всіх нижченаведених знімках нерухомих контактів маємо велику густину струму, що призводить до утворення факельних струменів, які спричинюють руйнування іншого електроду. Оскільки струм змінний, то ми маємо картину руйнування на двох електродах, схожу між собою: оплавлений матеріал плюс перенесення матеріалу в паровій фазі (рис. 4 б).

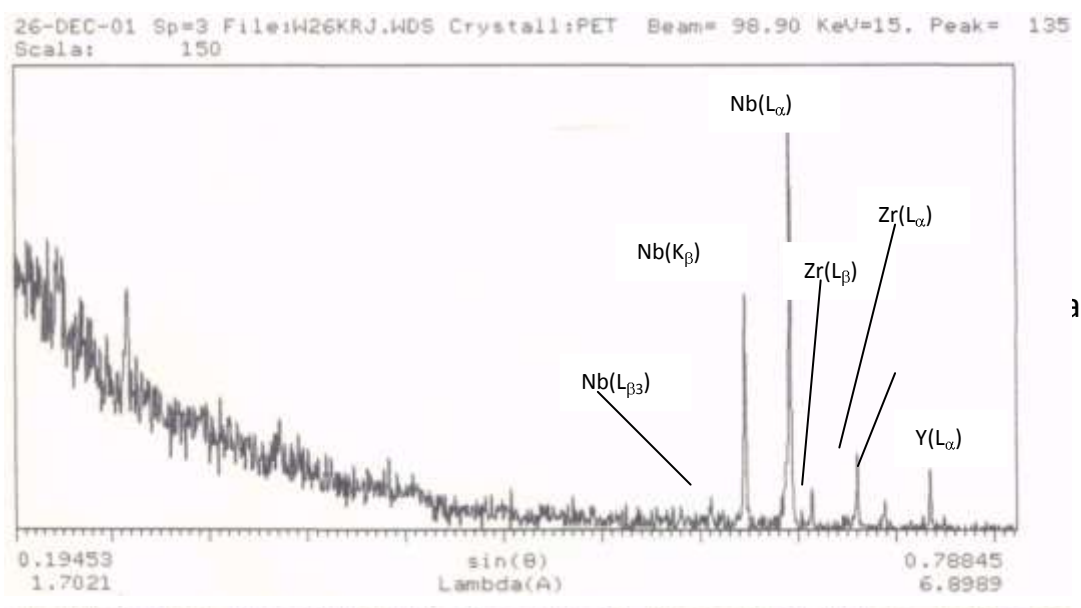
Здебільшого, спостерігаються плями катодного типу (рис. 3 б, рис. 4 б) (маленькі крапки). У деяких випадках трапляються сполучення плям катодного та анодного типів (рис. 3 б) (великий овал із вкрапленням маленьких крапок). Руйнування електродів відбувається як при дії анодних, так і катодних плям, а також при дії плазмових струменів електричної дуги (одинарні факели –рис. 2 в, рис. 3 б; кратер великих розмірів – рис. 2 б, в).

Контактний матеріал плавиться, рідка фаза переноситься (рифлена поверхня і горбики нерівностей), з'являються катодні факели плазми (в основному формуються на нерухомих контактах (рис. 2 б)) і вони призводять до значного руйнування рухомих контактів (мостиків) (рис. 3). На рухомих контактах спостерігаються поодинокі місця виходу плазмових струменів, але, враховуючи те, що комутація відбувається на змінному струмі, то втрати й перенесення матеріалу відбуваються як з рухомого, так і з нерухомого контактів.

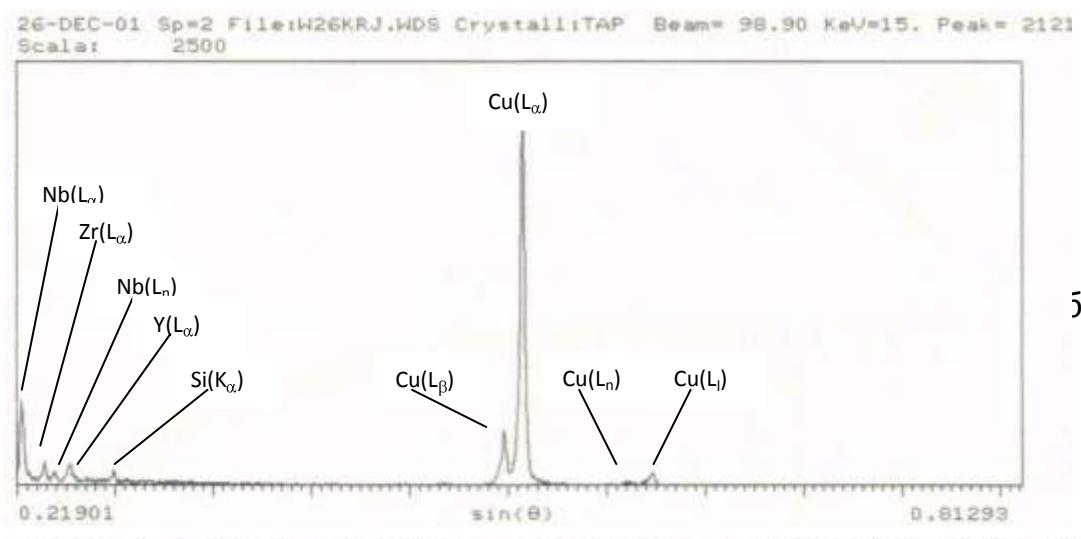
Збільшення вмісту Nb до 5% і більше призводить до посиленого випаровування міді під дією електричного дугового розряду в зв'язку зі значною різницею теплофізичних властивостей компонентів. У результаті, робоча поверхня збагачується ніобієм, а мідь знаходимо в незначних кількостях як невеликі кулеподібні частинки, які осіли з парової фази, в основному, на периферійних ділянках (рис. 2 б, рис. 4 б).

Збільшення вмісту хрому в композиції Cu-Cr створює більш сприятливий (порівняно з Nb) вплив на ерозійну стійкість контактів, у зв'язку з меншою різницею їх теплофізичних характеристик, незважаючи на наявність великої кількості осередків впливу електричної дуги (рис. 2); на всіх ділянках поверхні контакту мідь присутня як основний компонент, загалом, у вигляді загуслого при охолодженні розплаву (рис. 5 а, б). Основна частина розплаву міді, яка утворюється під опорними плямами дуги, вишлюпується на вінець контакт-деталі і загусає у вигляді великих скупчень по дотичній, а також виходить і за межі контакту, серед іншого, й у вигляді парової фази. При цьому робоча поверхня контакт-деталі характеризується значною кількістю ділянок, на які впливала електрична дуга.

Інтенсивність випромінювання, в.о.



Інтенсивність випромінювання, в.о.



Інтенсивність випромінювання,

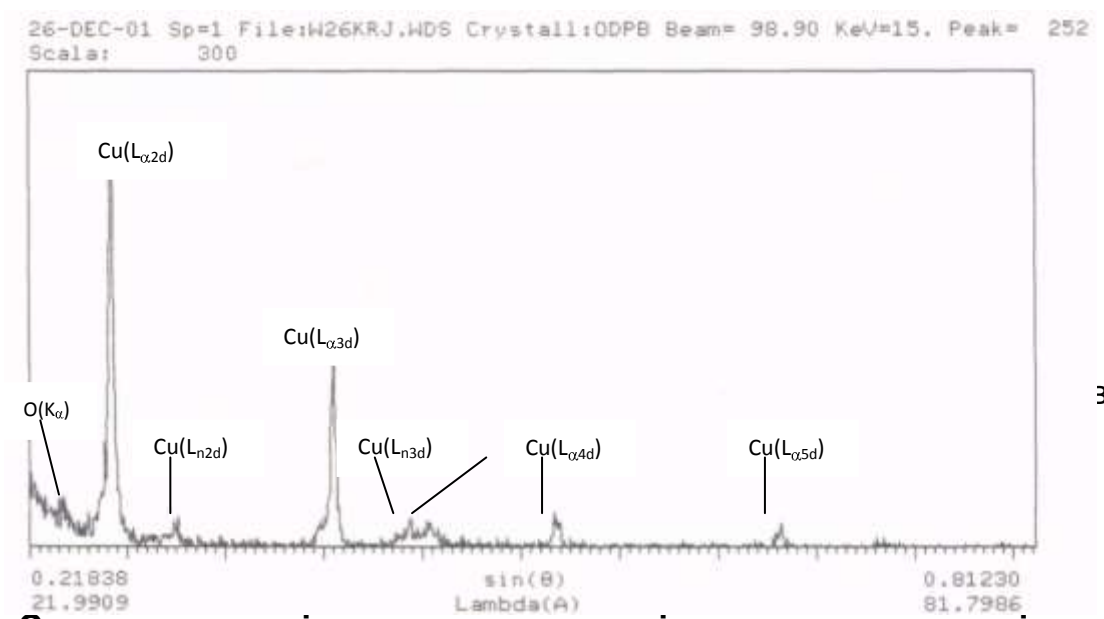


Рис. 1. Спектри випромінювання компонентів контактного матеріалу 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y₂O₃, отримані за допомогою кристалічних аналізаторів: а) PET; б) TAP; в) ODPB

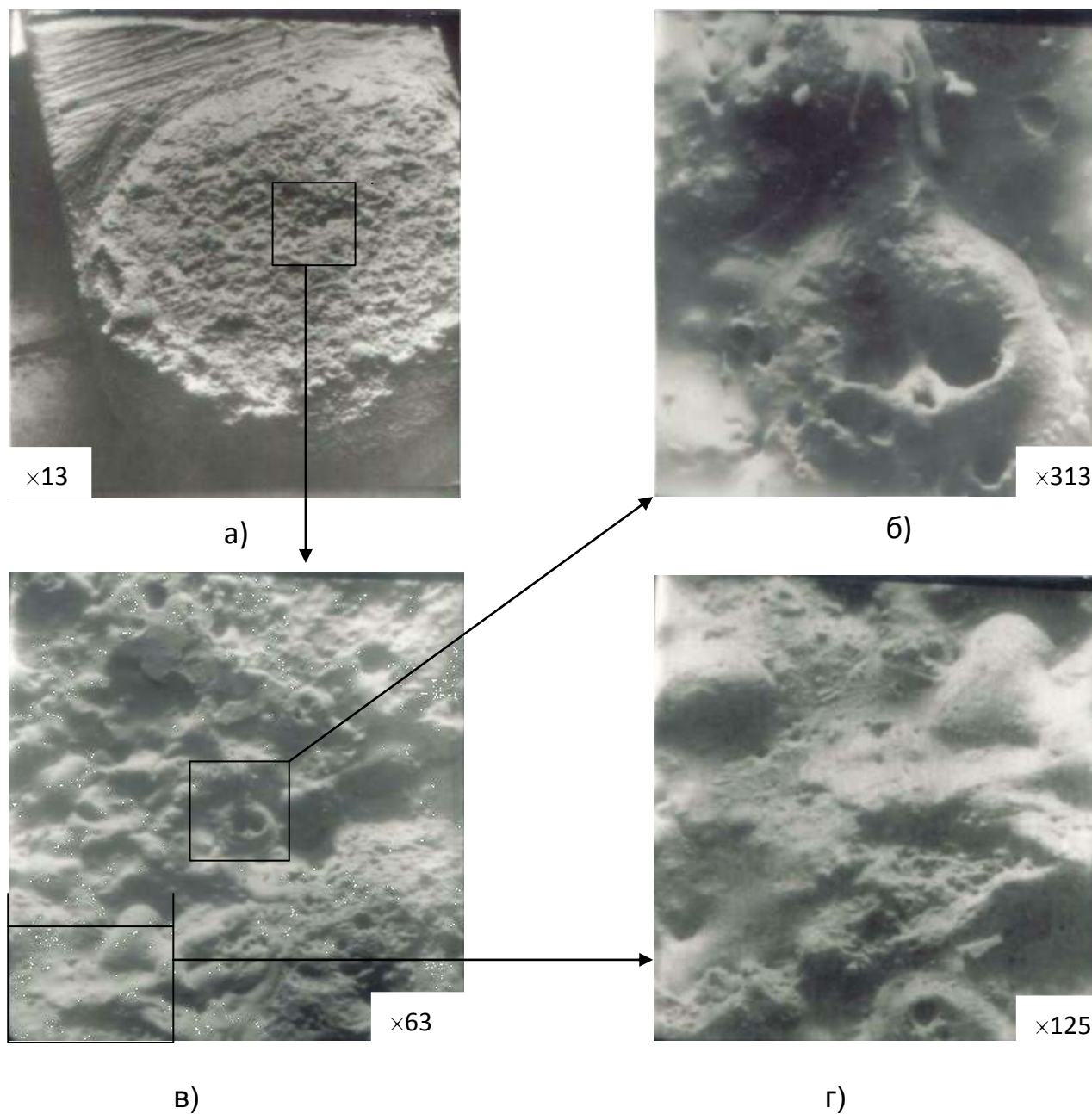


Рис. 2. Мікроструктура нерухомих контакт-деталей після наробітку 150 тис. циклів комутацій. Матеріал 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y₂O₃

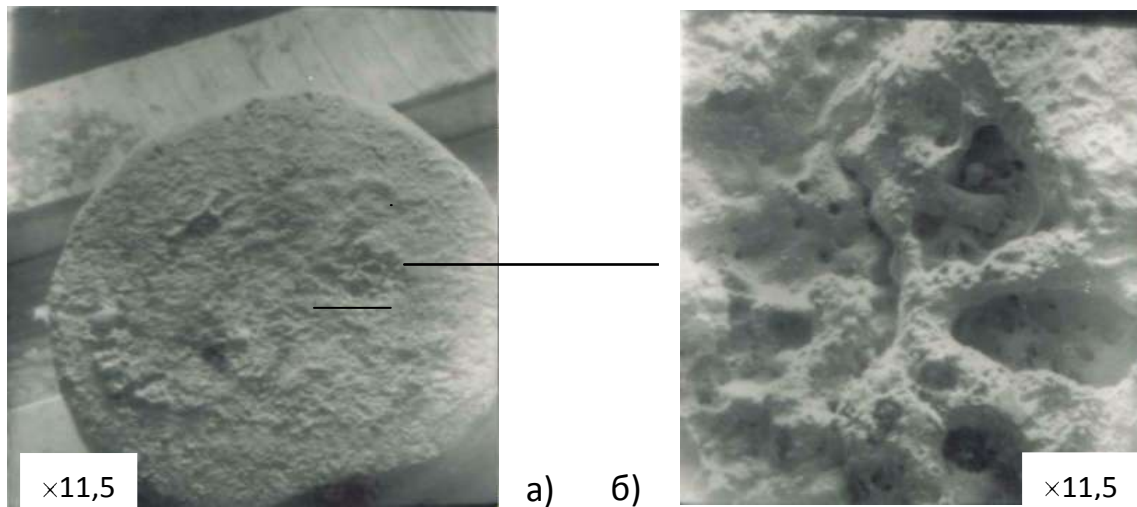


Рис. 3. Мікроструктура рухомих контакт-деталей після наробітку 150 тис. циклів комутації. Матеріал 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y₂O₃

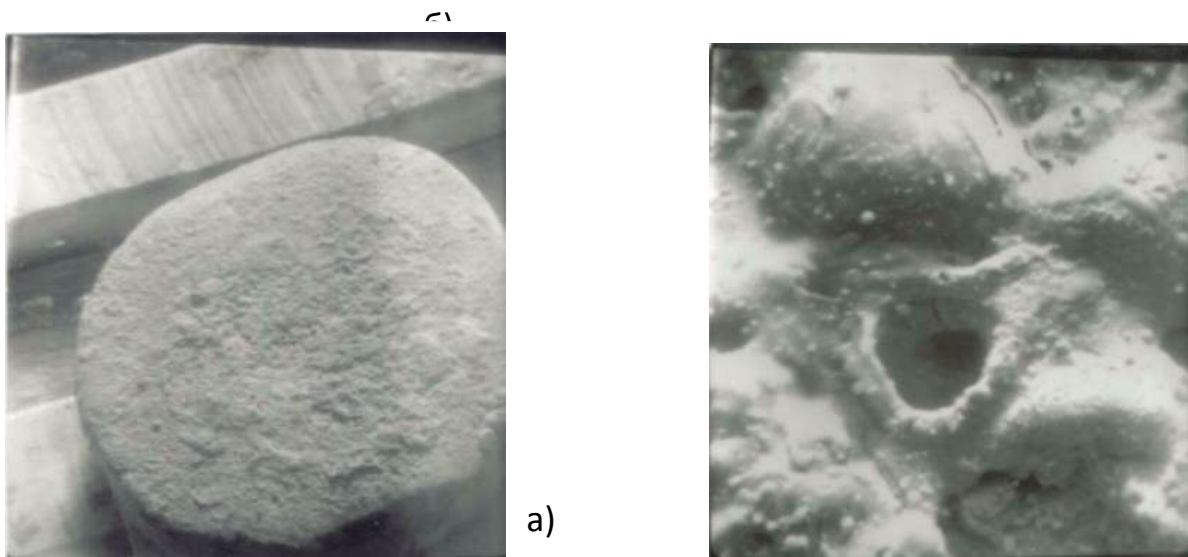
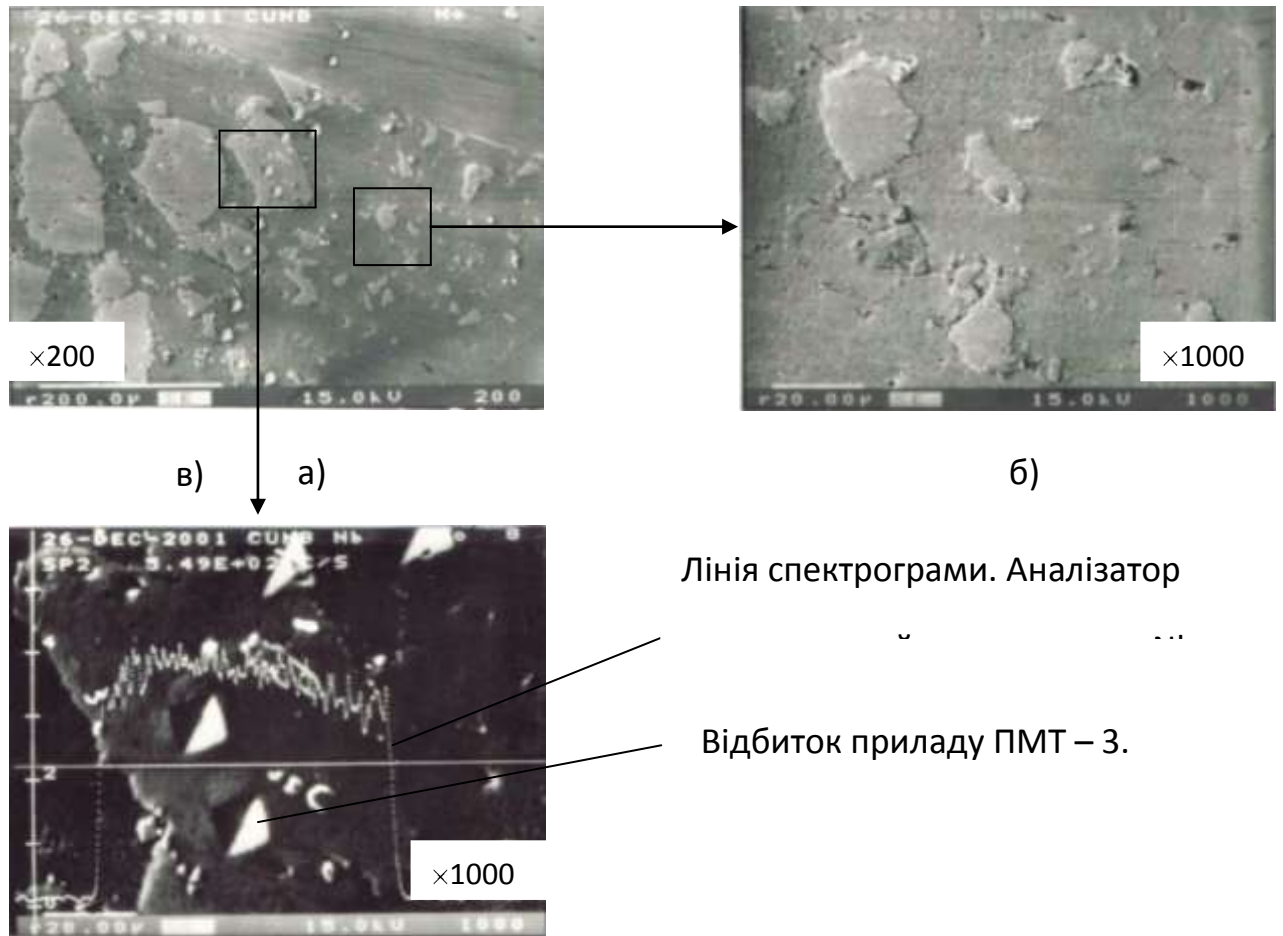


Рис. 4. Мікроструктура рухомих контакт-деталей після наробітку 150 тис. циклів комутації. Матеріал 81,3%Cu+10%Cr+2,0%TiB₂+3,0%Nb+2,0%C+0,7%Zr

Така картина, можливо, визначається відомими даними, що стосуються умов горіння дуги на контактах: мінімальна напруга горіння дуги (45 В) відзначається на графітових контактах, порівняно з основними металами, які застосовуються в контактній техніці [5].

Зміцнюється мідна матриця включеннями оксиду ітрія Y₂O₃ і цирконія Zr (невеликі за розміром) (рис. 5 а, в). Твердість матриці

становить 85–90 кг/мм², на включеннях Y₂O₃ і Zr підвищується до 100–115 кг/мм². На включеннях Nb твердість збільшується до 165–190 кг/мм² і розмір відбитка приладу ПМТ – 3 є меншим за розміром.



**Рис. 5. Мікроструктура робочої поверхні контактів.
Матеріал 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y2O3**

- а) – розподілення мікротвердості по площині перерізу контакту;
б) – включення частинок Zr і Y₂O₃; в) – включення частинок Nb

Висновки

1. Катодні факели з нерухомого контакту активніше руйнують рухомий контакт, тому можна рекомендувати на рухомий контакт більш ерозійностійкий матеріал.

2. Значний об'ємний вміст графіту в стандартних композиціях Cu-C запобігає зварюванню контактних поверхонь під впливом дугового розряду як за рахунок віддувного ефекту, який пов'язаний з утворенням великих об'ємів летючих оксидів (CO, CO₂), так і за рахунок плівки, яка осідає з парової фази на робочі поверхні контактів. При цьому порушується і без того слабка міцність зчеплення ділянок мідного каркасу, що призводить до великих локальних перегрівань міді і, отже, до значного руйнування контакт-деталі.

3. Ерози́йне зношування контактів пускачів відбувається при дії плазмових струменів електричної дуги змінного струму, що морфологічно підтверджується фотознімками робочої поверхні контактів.

Список літератури

1. А.с. №1677723 СРСР, МКИ⁵ Н 01 Н 1/02, С 22 С9/00. Спечений матеріал на основі міді для електричних контактів / Донцова Т. О., Братерська Г. М., Коханівський С. П., Наливайко В. А., Коробський В. В., Григор'єв А. А. (СРСР); УСГА. – № 4755177/02 ; заявл. 01.11.89 ; опубл.15.09.91, Бюл. №34. – 2 с.

2. Коробський В. В. Спеціальні дослідження робочих поверхонь контактів електромагнітних пускачів ПМЛ-1100 / В. В.Коробський // Наук. вісн. НУБІП. Серія "Техніка та енергетика в АПК", Вип. № 174, ч. 2. – 2012. – С. 120–126.

3. Крячко Л. А. Особенности структурообразования и поведения при эксплуатации слаботочных электроконтактных материалов, содержащих фторид кальция / Л. А.Крячко, В. Н Падерно, В. И. Коваленко // Порошковая металлургия. – 1992. – № 9. С. 84–88.

4. Матеріали металеві, спечені, крім твердих сплавів. Визначення уявної твердості матеріалів в основному з рівномірною твердістю у перерізі : ДСТУ 3668-97 (ISO 4498-90).– [Чинний від 01.07.1999].– К. : Держспоживстандарт України, 1997. – 8 с.

5. Мелашенко И. П. Металлокерамические размыкаемые контакты с мелкодисперстной структурой / И. П. Мелашенко, В. М.Малышев, Д. В.Румянцев // Электротехнические металлокерамические изделия. – М. : ВНИИЭМ, 1965. – С. 57–61.

6. Пат. № 1790821 СРСР, МКИ⁵ Н 01 Н 1/02, С 22 С 9/00. Спечений електроконтактний матеріал на основі міді / Братерська Г. М., Коханівський С. П., Донцова Т. О., Наливайко В. А., Сагач М. Ф., Коробський В. В. (СРСР) ; УСГА і ІПМ АН УРСР ; заявл. 22.05.91. (для службового користування). Відкритим друком не опубліковано.

7. Хольм Р. Электрические контакты / Р. Хольм. – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. – 464 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

В. В. Коробский, В. О. Гураль

Аннотация. Приведены результаты исследования морфологии контактных поверхностей металлокерамических контакт-деталей на основании меди с примесями металлов и других термодинамически стойких соединений. Проведен рентгеноспектральный и металлографический анализ контактных поверхностей, который способствовал выявлению закономерностей эрозионного разрушения разрывных мостиковых контактов на основании Си.

Ключевые слова: контакт-деталь, контактный материал, эрозионный износ, морфология, металлографический анализ, спектры излучения

STUDY CONTACTING SURFACE MORPHOLOGY USING AN ELECTRON MICROSCOPE

V. Korobsky, V. Gural

Annotation. *The results of the study the morphology of the contact surfaces of sintered contact components on the basis of copper and metal impurities and other thermodynamically stable compounds. Spend X-ray and metallographic analysis of the contact surfaces, which helped to identify patterns of erosion frangible bridge contacts on the basis of Cu.*

Key words: *contact-details, contact material, erosive wear, morphology, metallographic analysis, emission spectra*

УДК 621.311

ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

*Н. С. Филиппченкова, аспирантка**
В. А. Панченко, кандидат технических наук
ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации
сельского хозяйства», г. Москва, Россия
e-mail: pancheska@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрены технологии изготовления, характеристики материалов и основных конструктивных элементов солнечных теплофотоэлектрических модулей. Проведён сравнительный анализ технологий, используемых при изготовлении солнечных теплофотоэлектрических модулей. Определены условия эффективной работы фотоэлектрических преобразователей, выявлены основные требования, предъявляемые к компонентам и режимам работы теплофотоэлектрических модулей. Показана необходимость в проведении исследований, позволяющих повысить эффективность теплофотоэлектрических модулей, разработать оптимальную конструкцию и обеспечить работу фотоэлектрических преобразователей в наиболее благоприятных условиях.*

Ключевые слова: *энергоснабжение, солнечный коллектор, фотоэлектрическая установка, солнечный теплофото-электрический модуль*

*Научный руководитель В.А. Панченко.