

УДК 621.316

І. П. РАДЬКО, канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІДНОВЛЕНИХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ПІСЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ЇХ НА ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ

Представлены результаты исследований структуры рабочей поверхности серебряных контактных материалов на основе металлографического и рентгеноспектрального анализа.

Представлені результати досліджень структури робочої поверхні срібних контактних матеріалів на основі металографічного та рентгеноспектрального аналізу.

Постановка проблеми

Вдосконалити контакти комутаційних апаратів, що експлуатуються в електроустановках тваринницьких ферм і комплексів, які відновлені методом газоплазмового напилення.

Аналіз попередніх досліджень

У процесі проведення досліджень використовувалися різні технологічні процеси напилення, металографічні та рентгеноспектральні аналізи робочого шару напилення. Застосовувалися принципи аналізу просторово-часової структури розвитку теплових і динамічних процесів, що супроводжують удар, розтікання і кристалізацію напилених частинок при формуванні покриттів.

Мета статті

Розробити нові способи відновлення робочої поверхні контактів на основі метода газоплазмового напилення з використанням композиційних контактних матеріалів, які дозволяють продовжити тривалість роботи апарату в цілому і підвищити економічну ефективність його використання.

Основна частина

Методи мікроскопії дозволяють значно розширити уяву про механізм і кінетику ряду процесів порошкової металургії і сприяти розкриттю механізму структуроутворення, яке значно впливає на формування властивостей електроконтактних матеріалів.

Мікроструктурний аналіз матеріалів на основі Ag з оксидними добавками дозволяє виявити загальну картину розподілу зміцнюючих добавок в матриці. Відносно рівномірно, у вигляді точкових включень розподілені частинки оксидів, які введені в матрицю срібну внутрішнім окисленням.

Мікроструктура зразків, при введенні різних оксидів подібні, видна матриця світлого тону, зернистої будови, зерна відтінені другою фазою, яка залягає між ними по границям.

Із збільшенням кількості оксидів в матриці, з'являються окремі скопичення оксидів, причому розміри проміжок між зернами зростають, а частинки Ag виявляються майже повністю ними оточені (рис. 1).

Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з природою компонентів композиційних матеріалів. Крім того, поведінка композита при руйнуванні залежить від розміру частинок, їх об'ємної кількості і міцності поверхні розділу.

Кінцева структура слабострумівих електричних контактів формується шляхом диспергування структурних складових і виникнення анізотропності матеріалу в результаті направленої деформації з одночасним утворенням субструктури. Формування анізотропної гетерофазної структури у багатокомпонентних композицій, направлений розподіл в структурі теплопровідності і електропровідності компонентів приводить до високих значень електро- і теплопровідності матеріалу в цілому і надає йому високу електроерозійну стійкість.

Введення в срібну матрицю оксидів In і Mn 5 % не дозволяє здійснюватись холодній деформації матеріалу. З'являється текстура в результаті прокатки, формується анізотропна структура електроконтактного матеріалу.

Композиційні матеріали, зміцнені оксидами, тугоплавким матеріалом потребують 5–10 етапів прокатки з проміжним відпалюванням при температурі 600 °С на повітрі протягом години.

Процеси пластичної деформації остаточно формують структуру електроконтактного матеріалу. Введення нерозчинних фаз сприяють інтенсивному подрібненню зерна срібної матриці.

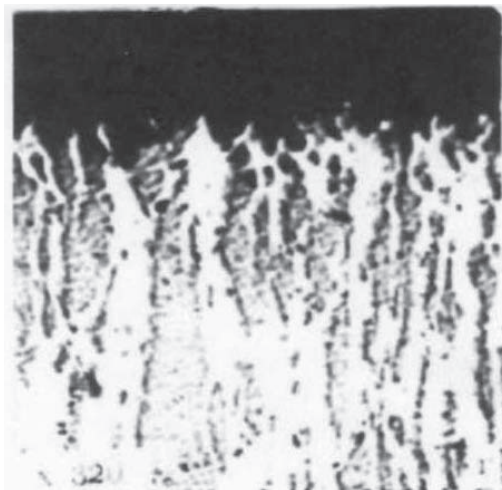
Частинки нерозчинних в Ag компонентів також подрібнюються (диспергуються) і вистроюються в ланцюг вздовж деформованих зерен Ag і частково всередині них, зберігаючи орієнтацію в напрямку деформації. Ланцюги оксидів матриці, витягуються під дією деформуючих зусиль при зміні форми зерна а також їх розташування зберігається після відпалювання 600 °С. Введення Zr в Ag визиває механізм в'язкого руйнування.

Поглиблене вивчення фізичних процесів, які відбуваються на робочій поверхні контактів у процесі експлуатації, створює передумови для дальшої боротьби з електричною ерозією, яка є однією з основних причин руйнування електричних контактів.

Мікроструктура є одним із головних факторів, що впливає на властивості електричного контакту, а вона перш за все залежить від технології виробництва, властивостей вихідних матеріалів, конструктивних особливостей апарату, енергії електричної дуги, складу навколишньої атмосфери.

На рис. 1 приведена вихідна мікроструктура контактного матеріалу типу СрН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 1×10^5 комутацій.

По мірі наближення до робочої поверхні розміри зерен срібної та нікелевої фази збільшуються, внаслідок термічної дії дуги. Робоча поверхня збіднена срібною складовою, яка випарувалась, оскільки температура випаровування срібла (2210°) значно нижча температури випаровування нікелю (2730°) (рис. 1).

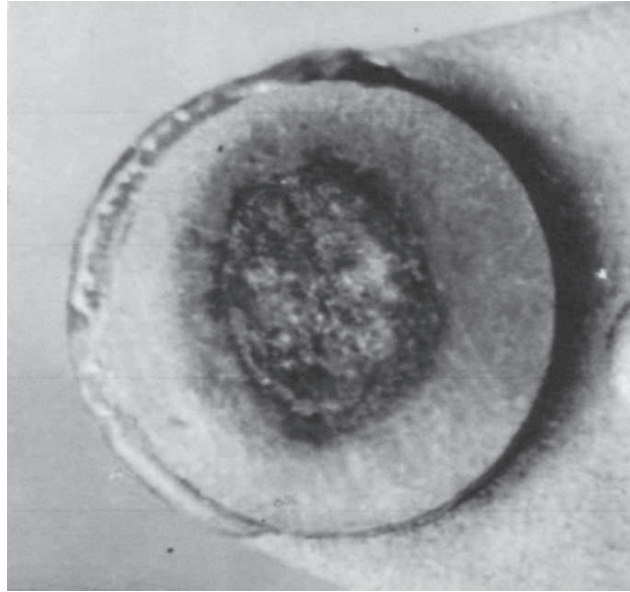


x 320

Рис. 1. Мікроструктура рухомого контакту із матеріалу СрН-Ю електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 1×10^5 комутацій

На робочій поверхні з'являються мілкі пори та раковини, де було срібло і скупчення зерен тугоплавкої складової нікелю.

Глибина шару в якому відбуваються мікроструктурні зміни досягає 0,05-0,08 мм. Нікель безпосередньо на контактній поверхні й на глибині до 0,05мм окислюється.



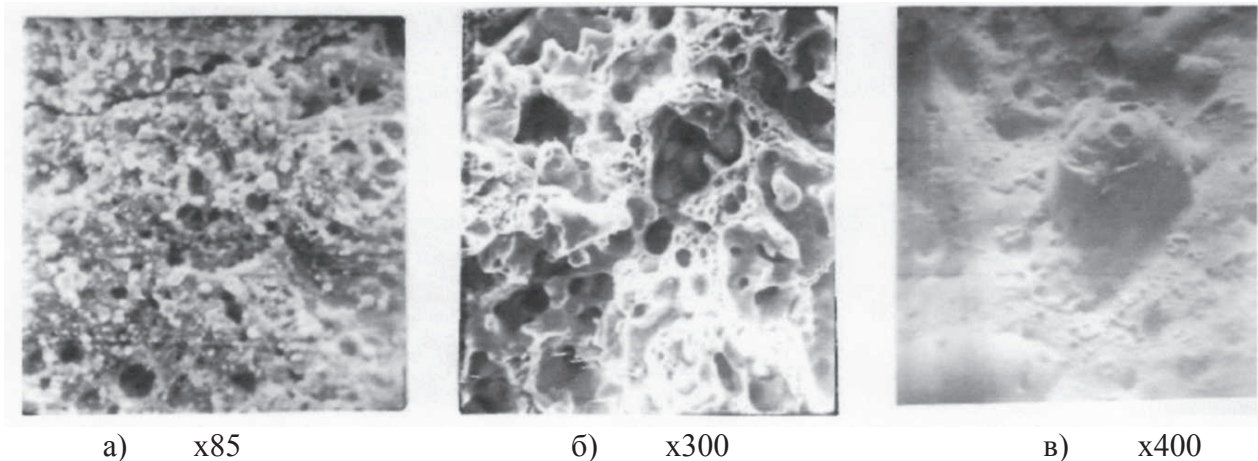
x 13

Рис. 2. Зовнішній вид рухомого контакту з матеріалу СрН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 1×10^5 комутацій

Під час роботи електричного контакту відбувається плавлення та інтенсивне випаровування легкоплавкої складової – срібла з робочої поверхні катоду, внаслідок чого формується дискретна, бугриста поверхня (рис. 2) ступінь шорсткості залежить від сили струму та числа комутацій. На ерозійній поверхні з'явилися крупні виступи, у поглибленнях структури розташовані світлі включення, які по даним рентгеноспектрального аналізу являють собою чисте срібло. Хімічний аналіз приповерхневого шару показав, що кількість нікелю на робочій поверхні значно збільшується (від 10 до 20–25 %), що свідчить про першочерговість випаровувань срібла з поверхні контакту в процесі комутації електричного струму.

Детальне дослідження робочої поверхні контактів дозволило встановити, що внаслідок дії дуги плавиться не тільки легкоплавка композиція – срібло, але також і зерна нікелю (рис. 3а), що підтверджується наявністю характерних ступенів затвердіння по краям нікелевих зерен (рис. 3б). Загуслі зерна нікелю мають форму конуса, що типово для мостикового переносу (рис. 3в).

На вершинах деяких нікелевих зерен утворюються ділянки в'язкого відриву, що свідчить про руйнування матеріалу після злипання контактів.



а) x85

б) x300

в) x400

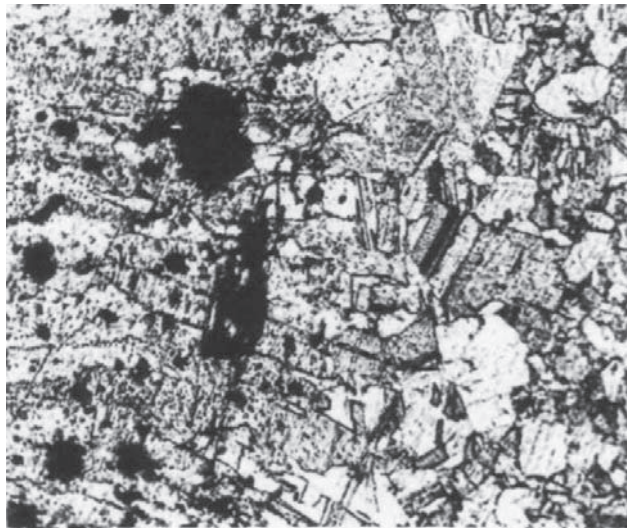
Рис. 3. Електронно-мікроскопічні знімки поверхні контактів СрН-10 після 1×10^5 комутацій

Отримані результати дають змогу стверджувати, що контактування в останній момент здійснюється по точках тугоплавкої складової, яка й визначає нахил матеріалу до зварювання.

Найнижчою електроерозійною стійкістю володіють контакти з матеріалу СрМ-0,2 [3], хімічний склад якого відповідає: Cu - 0,1-0,5 %; Ni -0,005-0, %, Ag – решта.

При комутації струму 4; 6,3; 10 А контактами із цього матеріалу спостерігається обгорання та оплавлення робочих поверхонь контактів.

Металографічний аналіз показав, що в процесі роботи мікроструктура поверхневих шарів суттєво змінюється.

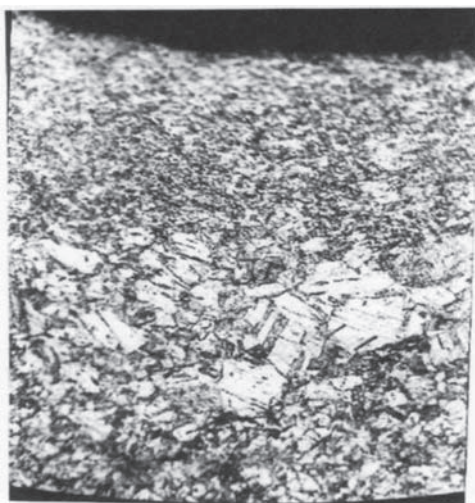


x200

Рис. 4. Мікроструктура контакту із матеріалу СрМ-0,2 після 1×10^5 комутацій

Із рис. 4 видно, що при комутації струму матеріал, який переноситься на нерухомий, нагрівається до температури кипіння, частково переноситься на поверхню більш холодного нерухомого контакту, а решта осідає знову на поверхню рухомого, утворюючи порожнини (на рис. 4 чорні кратери) і стовпчасті зерна перпендикулярні до робочої поверхні контакту.

Мікроструктура нерухомого й рухомого контакту різна по своїй будові. На рис. 5 поверхня аноду покрита дрібними зернами парів металу катоду, які кристалізувались при гасінні електричного розряду.



x200

Рис. 5. Мікроструктура аноду контакту з матеріалу СрМ-0,2 після 1×10^5 комутацій

Також на поверхні, де осіли пари металів, можна бачити збільшенні зерна срібла, що утворилися внаслідок рекристалізації під дією температури парів металу.

При комутації постійного струму відбувається направлений перенос матеріалу з рухомого контакту на нерухомий. Внаслідок цього на катоді утворюється кратер, а на аноді виступ.

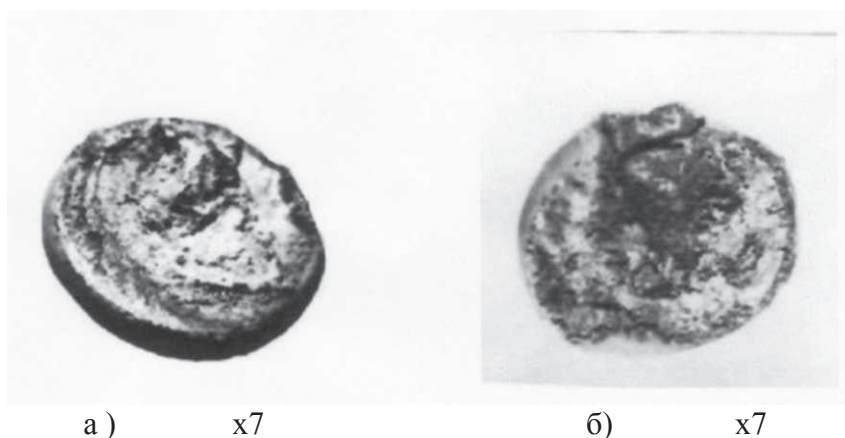


Рис. 6. Зовнішній вигляд контактів із матеріалу СрМ-0,2 електромагнітного пускача ПМЛ-1100В після 1×10^5 комутацій ($I=6,3\text{A}$, а-анод, б-катод)

Висновок

Мікроструктурний аналіз дозволяє виявити загальну картину розподілу добавок у матриці. Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з природою компонентів композиційних матеріалів. Формування анізотропної гетеро-фазної структури у багатокомпонентних композицій приводить до високих значень електропровідності і надає йому високу електроерозійну стійкість.

Список літератури

1. Брон О. Б. Проблемы контактов в сильноточном аппаратостроении / О. Б. Брон // Электрические контакты. Повышение качества и надежности, 1985. – С. 52–55.
2. Брон О. Б., Дмитренко А. И., Бойко В. П. Рост посторонних пленок между замкнутыми контактами электрических аппаратов // Электромеханика, 1987. – № 11. – С. 95-99.
3. Брон О. Б., Сушков Л. К. Потoki плазмы в электрической дуге электрических аппаратов / О. Б. Брон, Л. К. Сушков. – Л.: Энергия, 1975. – 260 с.
4. Буткевич Г. В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей / Г. В. Буткевич. – М.: Энергия, 1973. – 172 с.
5. Буткевич Г. В., Белкин Г. С. Электрическая эрозия сильноточных контактов и электродов / Г. В. Буткевич, Г. С. Белкин. – М.: Энергия, 1978. – 253 с.

STUDY THE MICROSTRUCTURE OF THE WORKING SURFACES OF THE RECOVERED CONTACT DETAILS AFTER TESTING THEIR RESISTANCE TO ELECTRICAL EROSION

Ivan P. Radko, PhD in Technical Sciences

The results of research work surface structure of silver contact materials based on metallographic and X-ray analysis.

Поступила в редакцию 17.11 2011 г.