

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ СЕРІЙНИХ КОНТАКТІВ

В.В. Козирський, доктор технічних наук

І.П. Радько, кандидат технічних наук

Проведено металографічний та рентгеноструктурний аналіз робочих поверхонь серійних контактів після випробування їх на електроерозійну стійкість. Встановлено функціональні залежності впливу сили струму, характеру навантаження, параметрів навколишнього середовища, фізико-механічних властивостей матеріалу на процеси руйнування робочих поверхонь контактів.

Напилення, плазмотрон, електричний апарат, пускач, вимикач, контактор, контакт-деталь.

Мета досліджень – розроблення наукових принципів дослідження робочої поверхні контактів методом металографічного та рентгеноспектрального аналізу структури робочих поверхонь композиційних контактних матеріалів.

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

Мікроструктура – це один із головних факторів, що впливає на властивості електричного контакту.

Вона залежить від технології виробництва, властивостей вихідних матеріалів, конструктивних особливостей апарата, енергії електричної дуги, складу навколишнього середовища [2,4,5].

Результати досліджень. На рис. 1 наведено вихідну мікроструктуру контактного матеріалу типу СrН-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°C) значно нижча температури випаровування нікелю (2730°C) (див. рис. 1).

На робочій поверхні з'являються невеликі пори й раковини, де було срібло й 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 0,05 мм окислюється.

Під час роботи електричного контакту відбувається плавлення та інтенсивне випаровування легкоплавкої складової – срібла з робочої поверхні катода, внаслідок чого формується дискретна, бугриста поверхня (рис. 2), ступінь шорсткості якої залежить від сили струму та числа комутацій. На ерозійній поверхні з'явилися крупні виступи, у поглибленнях структури розташовані світлі включення, які за даними рентгеноспектрального аналізу являють собою чисте срібло [3]. 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.

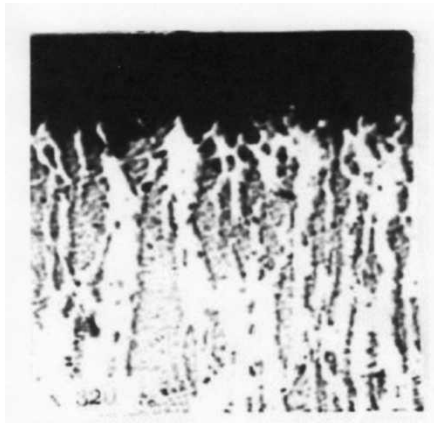


Рис.1. Мікроструктура рухомого контакту із матеріалу СрН-Ю електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 1×10^5 комутацій (збільшено $\times 320$)

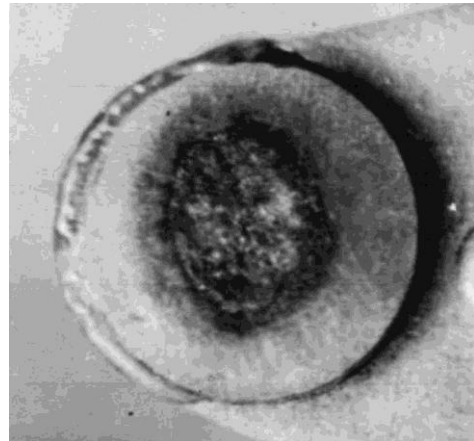
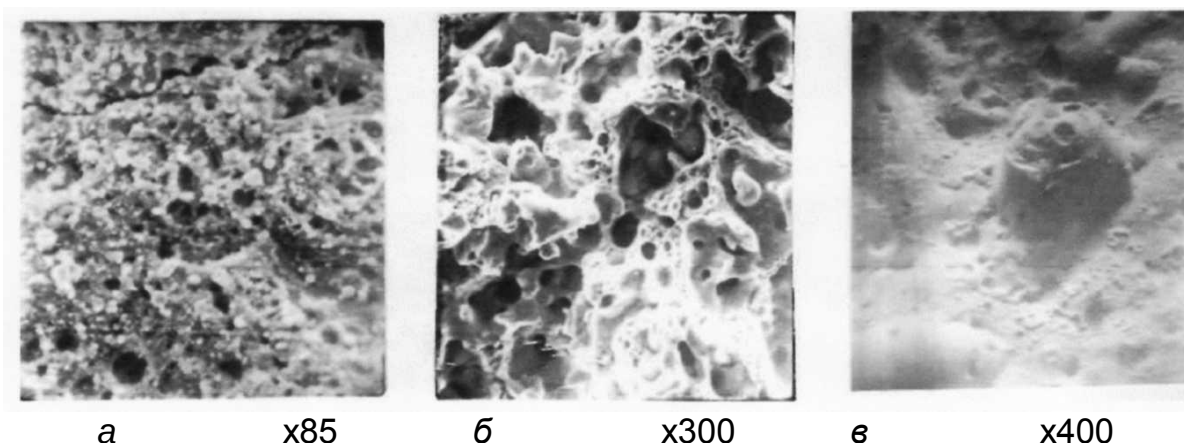


Рис.2. Зовнішній вигляд рухомого контакту з матеріалу СрН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 1×10^5 комутацій (збільшено $\times 13$)

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

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



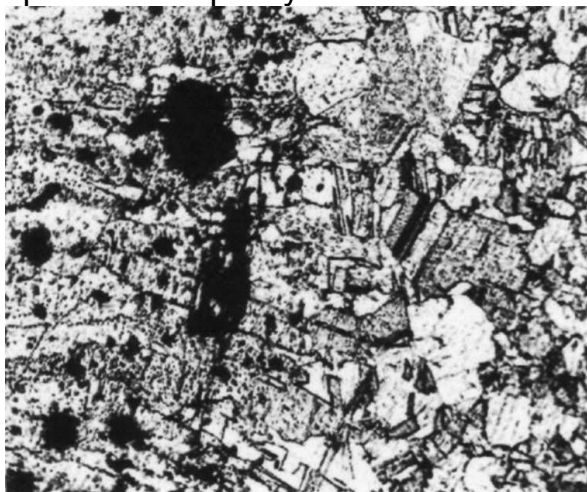
**Рис.3. Електронно-мікроскопічні знімки поверхні контактів
СрН-10 після 1×10^5 комутацій**

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

Найнижчу електроерозійну стійкість мають контакти з матеріалу СрМ-0,2 [2], хімічний склад якого відповідає: Cu - 0,1-0,5%; Ni - 0,005-0,2%, Ag – решта [1].

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

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



**Рис. 4 Мікроструктура контакту із матеріалу СрМ-0,2 після 1×10^5
комутацій (збільшено x200)**

Із рис. 4 видно, що при комутації струму матеріал, який переноситься на нерухомий контакт, 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 контактів різна за своєю будовою. Поверхня анода (рис.5, 6) покрита дрібними зернами парів металу катода, які кристалізувалися при гасінні електричного розряду [5].

Також на поверхні, де осіли пари металів, можна бачити збільшені 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.5. Мікроструктура анода контакту з матеріалу СрМ-0,2 після 1×10^5 комутацій (збільшено $\times 200$)

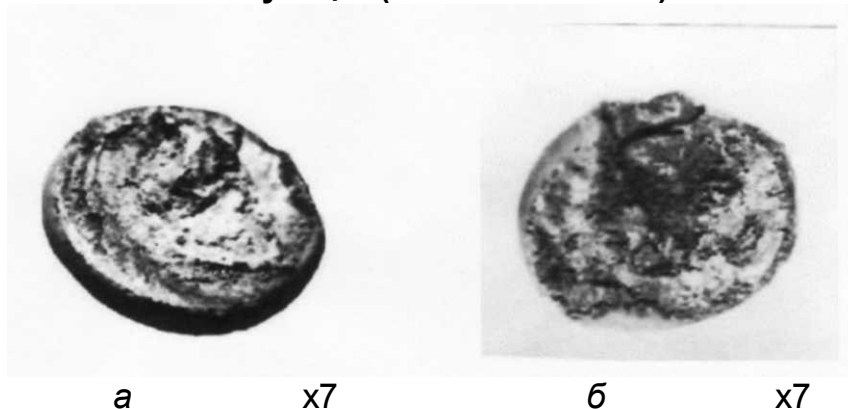


Рис.6. Зовнішній вигляд контактів із матеріалу СрМ-0,2 електромагнітного пускача ПМЛ-1100В після 1×10^5 комутацій ($I=6,3A$): а – анод; б – катод

Висновки

1. Визначено структурну схему керування кінетикою утворення фізико-механічних властивостей, відновлення зношених поверхонь контакт-деталей електричних апаратів. Частинки матеріалу розподіляються по діаметру круга, а товщина покриття визначається згідно з розподілом Гауса.

2. Встановлено функціональні залежності впливу сили струму, характеру навантаження, параметрів навколишнього середовища, фізико-

механічних властивостей матеріалу (температура плавлення, твердість тощо) на процеси руйнування робочих поверхонь контактів та показники надійності контактування.

Список літератури

1. Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Допустимые температуры нагрева частей аппаратов: ГОСТ 403-73. – [Введен с 1974-01-01]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 4 с.
2. Буткевич Г.В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей / Г.В. Буткевич. – М.: Энергия, 1973. – 172 с.
3. Намитов К.К. Испытания аппаратов низкого напряжения / К.К. Намитов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
4. Л.И. Тушинский.. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 196 с.
5. Экспериментальные и теоретические исследования по созданию нового поколения магнитных пускателей на токи до 160 А. – Чебоксары, 1989. – 115 с.

Проведен металлографический и рентгеноструктурный анализ рабочих поверхностей серийных контактов после испытания их на электроэрозионную устойчивость. Установлены функциональные зависимости влияния силы тока, характера нагрузки, параметров окружающей среды, физико-механических свойств материала на процессы разрушения рабочих поверхностей контактов.

Напыление, плазмотрон, электрический аппарат, пускатель, выключатель, контактор, контакт-деталь.

The metallographic and x-ray diffraction work surfaces serial contacts after testing them on EDM stability are conducted. The functional dependence of the impact strength of the current load characteristics, environmental parameters, the physical and mechanical properties of the material on the working surfaces of contact failure are installed.

Sputtering, plasma torch, electrical apparatus, switch, contactor, the contact item.