

## ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕРОЗІЇ КОНТАКТІВ РЕЛЕ НА ОСНОВІ СРІБЛА З ДОБАВКАМИ ОКСИДІВ

Клименко Б.В., д.т.н., проф.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Україна, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПІ", кафедра "Електричні апарати"

тел. (057) 707 62 81, E-mail: kbv@kpi.kharkov.ua

Кохановський В.О.,

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

Україна, 03056, Київ, вул. Янгеля 1/37, кафедра "Поліграфічні машини"

тел. (097) 18 76 771, E-mail: kohv@vpf.ntu-kpi.kiev.ua

*Наведено результати досліджень електричної ерозії контактів в колах постійного струму в залежності від сили струму та кількості комутацій. Встановлено вплив інгредієнтів композиційного матеріалу на закономірності масопереносу і виявлені інверсійні зони електричної ерозії.*

*Приведены результаты исследований электрической эрозии контактов в цепях постоянного тока в зависимости от силы тока и количества коммутаций. Установлено влияние ингредиентов композиционного материала на закономерности массопереносу и выявлены инверсионные зоны электрической эрозии.*

Срібло і його сплави широко використовуються як матеріал для контактів електромагнітних реле [1]. В зв'язку з великою вартістю та дефіцитністю срібла існує необхідність в підвищенні зносостійкості та надійності роботи контактів реле [2, 3].

Результати численних досліджень показують, що для контактних матеріалів існує один чи декілька діапазонів струмових навантажень, при яких спостерігається мінімальна втрата контактного матеріалу внаслідок електричної ерозії [4, 5].

В даній роботі розглянуті закономірності зношення контактів при комутації постійного струму від 1 до 10 А при напрузі 40 В.

Контакти були виготовлені із композиційних матеріалів з таким складом інгредієнтів:

95%Ag + 4%Zr + 1%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

92,8%Ag+3,5%Zr+2%C+1%CaO+0,7%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

На рисунку 1 приведено графіки зміни маси контактів у залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу і сили струму.

При струмі 2 А відбувається інтенсивний масоперенос з катоду на анод, внаслідок енергії позитивних іонів газів і парів металів, які передаються робо-

чий поверхні катоду. Енергія електронів, яка передається аноду, набагато менша енергії іонів.

При струмі вище 2 А перенос маси на анод зменшується внаслідок збільшення емісії електронів з катоду. Останні розігрівають матеріал поверхні аноду, пари якого частково осідають на катод і тим самим нівелюють масоперенос з катоду.

Збільшення емісії електронів досягається за рахунок введення оксиду ітрію Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в матеріал катоду.

Оскільки робота виходу електрону оксиду ітрію складає 2 еВ, що вдвічі нижча ніж у срібла (4 еВ). Ерозійне зношення досягає свого мінімального значення при струмах 5,5 ÷ 6,5 А. Це свідчить про вирівнювання ролей катоду і аноду в забезпеченні масопереносу в дузі, що напевно і є причиною інверсії.

Подальше збільшення струму до 10 А змінює напрямок масопереносу з аноду на катод.

В умовах більш потужної дуги (7 А і вище) проявляються глибинні ефекти під дією швидких електронів, створюються локальні осередки перегрівання матеріалу аноду, який плавиться і випаровується і частково осідає на поверхню катоду.

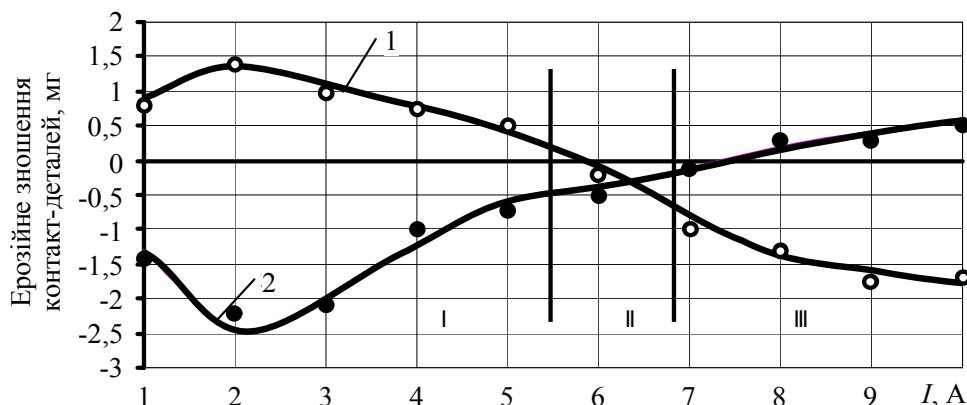


Рис. 1. Залежність електричної ерозії дослідних зразків контакт-деталей реле від величини струму:

1 – анод, 2 – катод,  $n = 5 \cdot 10^4$  циклів комутацій. Матеріал: 95%Ag + 4%Zr + 1%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Області електричної ерозії: I – доінверсійна, II – інверсійна, III – заінверсійна

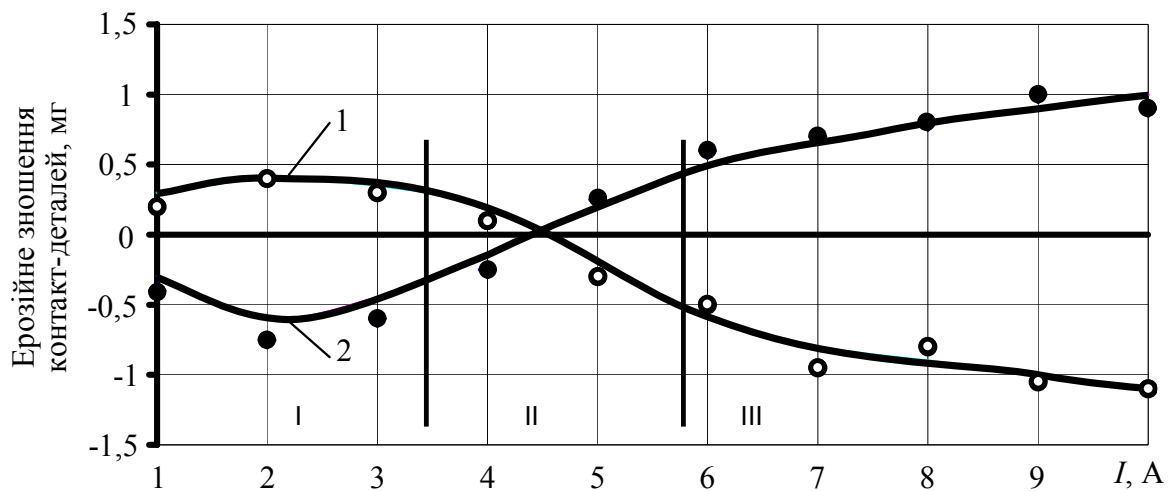


Рис. 2. Залежність електричної ерозії дослідних зразків контакт-деталей реле від величини струму: 1 – анод, 2 – катод,  $n = 5 \cdot 10^4$  циклів комутацій. Матеріал: 92,8%Ag+3,5%Zr+2%С+1%СаО+0,7%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Області електричної ерозії: I – доінверсійна, II – інверсійна, III – заінверсійна

Введення цирконію в композиційний матеріал зміцнює срібну матрицю, оскільки твердість цирконію (Zr)  $H_B = 150$  кгс/мм<sup>2</sup>, що в шість разів перевищує твердість срібла (Ag),  $H_B = 25$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Також цирконій поглинає кисень із розплавленої срібла, розчинність якого складає біля 20 об'ємів розплаву. При зниженні температури матеріалу контактів, кисень, який бурхливо виділяється із розплаву, поглинається цирконієм, а це зменшує розбрикування рідкого срібла при даному процесі. Дані досліджень показують, що введення додатково в срібну матрицю важкорозчинних фаз типу оксидів та графіту дозволяє регулювати масоперенос на контактах та підвищити електроерозійну стійкість в цілому.

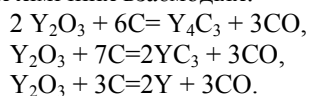
Так введення в дослідний матеріал додатково 2% маси графіту (С) і 1% маси оксиду кальцію (СаО) дозволило підвищити електроерозійну стійкість і створити інверсійну зону при струмі 4,5 А (рис. 2), що нижче на 1 А від інверсійної зони попереднього матеріалу (рис. 1).

Введення оксиду кальцію дозволило значно збільшити емісію електронів з катоду за рахунок низького коефіцієнту роботи виходу електрону 1,8 eV.

Також оксид кальцію дисперсно зміцнює срібну матрицю за рахунок високої твердості  $H_B = 686$  кгс/мм<sup>2</sup>, що у 24 рази перевищує твердість срібла.

Введення графіту в контактний матеріал дозволило підвищити стійкість до зварювання, внаслідок невисокого механічного зчеплення графіту і срібла. Це досягається великою різницею між густиною срібла ( $\gamma = 10,5$  г/см<sup>3</sup>) і графіту ( $\gamma = 2,3$  г/см<sup>3</sup>).

Також графіт взаємодіє з оксидом ітрію при температурі 1800°C, утворюючи карбід ітрію, при наступних хімічних взаємодіях:



Оксид вуглецю СО видає електричну дугу з робочої поверхні контактів та скорочує час її горіння за рахунок забирання кисню, що підвищує електроерозійну стійкість контакт-деталей.

В зоні струмів 8 ÷ 10 А ерозія аноду стабілізується і мало залежить від струму. Це досягається за рахунок міграції дуги по робочій поверхні контактів та фізико-механічних властивостей інгредієнтів композиційного контактного матеріалу.

#### ВИСНОВКИ

При дії електричної дуги на контакти з композиційного матеріалу на основі срібла з добавками цирконію, графіту та оксидів встановлена нелінійна залежність зміни електричної ерозії від сили струму, числа комутацій та фізико-механічних властивостей контактного матеріалу.

В процесі ерозійних випробовувань швидкість ерозії непостійна. Величина швидкості ерозії максимальна на початку випробувань. Зниження і послідовна стабілізація швидкості ерозії обумовленні формуванням в поверхневому шарі контактів мікроструктури оптимальної з точки зору опору електричній ерозії.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Усов В.В. Металловедение электрических контактов. – М.: Госэнергоиздат, 1963, 208 с.
- [2] Афонин М.П. Слои наработки при эксплуатации контактов из композиции серебро-оксид кадмия. – Электрические контакты и электроды. // Труды Института материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины. – Киев, 2004, с. 119 – 125.
- [3] Афонин М.П., Овчинникова М.Н. Классификация материалов для электрических контактов низковольтной коммутационной аппаратуры и области их применения в электротехнике. – Электрические контакты и электроды // Труды Института материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины. – Киев, 2006, с. 153 – 160.
- [4] Егоров Е.Г. Испытания и исследования низковольтных коммутационных электрических аппаратов. Учебник для вузов. – Чебоксары.: Изд-во Чувашского ун-та, 2000. – 448 с.
- [5] Буткевич Г. В. Электрическая эрозия сильноточных контактов и электродов. – М.: Энергия, 1978. – 239 с.

Надійшла 31.03.2008