

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЇ І МІКРОСТРУКТУРИ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ КОМУТАЦІЇ СТРУМУ

Радько І.П., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (044) 527-85-22

Анотація – робота присвячена дослідженню морфології та мікроструктури відновлених робочих поверхонь контактних матеріалів при комутації струму.

Ключові слова – напилення, плазмотрон, електричний апарат, пускач, вимикач, контактор, контакт-деталь.

Об'єкт досліджень – контакти комутаційних апаратів, які відновлені методом газоплазмового напилення, що експлуатуються в електроустановках тваринницьких ферм і комплексів.

Мета роботи – розробити наукові принципи відновлення робочої поверхні контактів методом газоплазмового напилення з використанням композиційних контактних матеріалів, які дозволяють продовжити тривалість роботи апарату в цілому й підвищити економічну ефективність його використання. Дослідити морфологію при комутації постійного струму та мікроструктуру контактів.

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

Досліджено процес взаємодії частки з напиленою поверхнею, який можна представити фазами: утворення фізичного контакту, активації контактних поверхонь з утворенням хімічних міжатомних зв'язків на межі розподілу, розвитку об'ємної взаємодії матеріалів. Встановлено, що якість та формування газоплазмового покриття обумовлюється міцністю зчеплення покриття з основою, коефіцієнтом використання порошку та пористістю покриття.

Експериментально досліджено електроерозійну стійкість відновлених контакт-деталей магнітних пускачів серії ПМЛ -3100 04А і

ПМЛ -4100 04А. Проведено металографічний та рентгеноструктурний аналіз відновлених робочих поверхонь після випробування їх на електроерозійну стійкість.

Металографічний та рентгеноспектральний аналіз дослідження морфології робочих поверхонь та їх мікроструктури дозволив виявити закономірність впливу енергії дуги на розподіл фаз складових в поверхневих шарах контакт-деталей.

На графічній залежності (рис.1) зміни масопереносу від сили комутуючого струму можна виділити три зони: доінверсійна, інверсійна та позаінверсійна.

Перша зона – до інверсійна, для дослідного контактного матеріалу № 1 знаходиться в межах струму 1-5А. При струмах 1-3А на катоді формуються кратери з оплавленими межами, також поверхня катоду покрита сконденсованими краплями срібла (рис. 3, а). Анод при цьому вкривається частинками перенесеного з катоду срібла в вигляді пласти (рис. 3, б). Характерним є локальне поверхнєве нагрівання контакт-деталей.

Наявність в матеріалі оксиду ітрію Y_2O_3 полегшує виникнення емісійних центрів на межі метал-діелектрик, які є центрами пароутворення (рис. 3, б). Особливо це проявляється при струмах 4-5 А. Маса аноду при цьому струмі трохи зменшується, хоч його поверхня збагачується сріблом з катоду, котрий осідає на ній, формуючи гладку поверхню, на якій формуються оплавлені ділянки (рис. 3, г).

Друга зона - інверсійна - знаходиться в межах струму 5-7 А (рис. 1) і характеризується мінімальним ерозійним зношуванням контакт-деталей. Електрична ерозія іде одночасно з двох контакт-деталей. До точки інверсії – 6,3А (рис. 1) направлений масоперенос переважає на катоді, після точки інверсії – на аноді. Поверхня катоду характеризується численними дрібними кратерами-слідами центрів пароутворення під поверхнею, величина яких зростає із збільшенням струму. Поверхня катоду починає оплавлятися внаслідок сумарного нагрівання, як з поверхні, так і шляхом передачі тепла з глибинних шарів (рис. 3, д). Мікрорельєф аноду згладжується, хоч кількість ділянок вкритих частинками срібла, які осіли, значно збільшується, на поверхні також спостерігаються кратери, з яких випаровується срібло (рис. 3, е). За даними мікроаналізу на катоді та аноді присутні лінії всіх елементів композиційного матеріалу: срібла, цирконію, оксиду ітрію (рис. 4).

Третя зона – поза інверсійна, знаходиться в межах 7-10 А (рис. 1) та характеризується інтенсивністю ерозійних процесів і горизонтальним градієнтом температур на робочій поверхні. Процеси масопереносу посилюються порівняно з першими двома зонами.

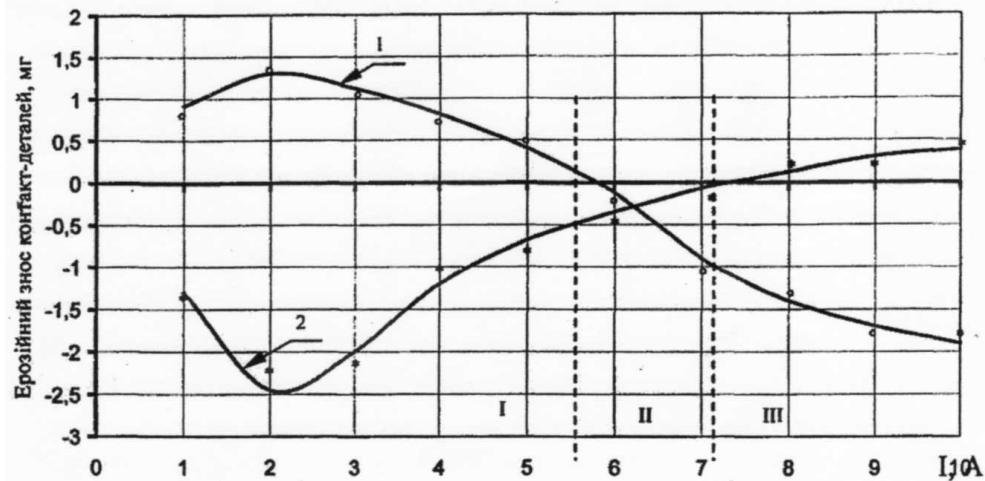


Рис. 1. Залежність електричної ерозії дослідних зразків контакт-деталей реле від величини струму ($n = 5 \times 10^4$ циклів комутації). Матеріал $95\%Ag+4\%Zr+1\%Y_2O_3$: 1 – анод; 2 – катод.

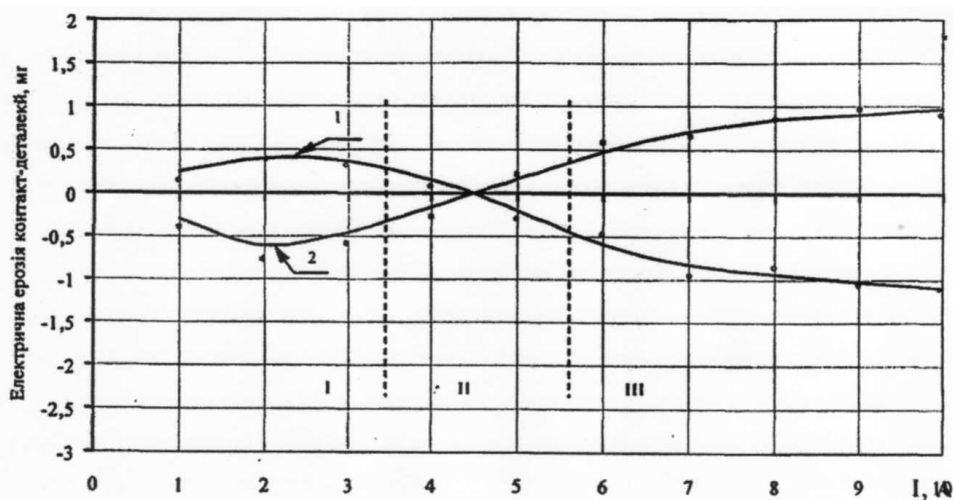


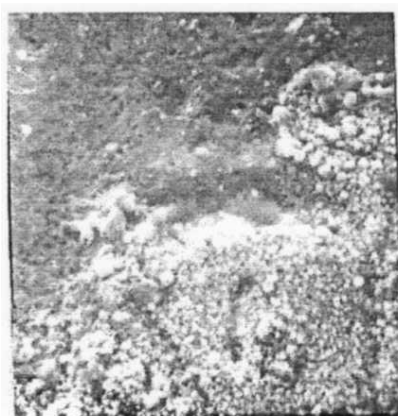
Рис. 2. Залежність електричної ерозії дослідних зразків контакт-деталей реле від величини струму ($n = 5 \times 10^4$ циклів комутації). Матеріал $92,8\%Ag+3,5\%Zr+2\%C+1\%CaO+0,7\%Y_2O_3$: 1 – анод; 2 – катод.

Переважає анодна дуга і на катоді утворюється виступ матеріалу внаслідок масопереносу з аноду на катод. Мікроструктура поперечного перерізу виступу кратеру на аноді (рис. 5, а), дозволила визначити характер масопереносу на робочу поверхню катоду.

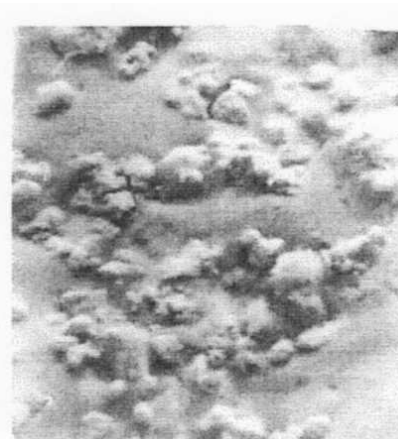
В початковий період комутації на поверхню катоду переноситься срібло, що призводить до збагачення поверхні аноду введеними домішками.

Із збільшенням кількості комутацій, поверхня аноду збагачується оксидом ітрію та цирконію, які переносяться на катод і розташовуються паралельно його робочій поверхні у вигляді темних включень (рис 5, б).

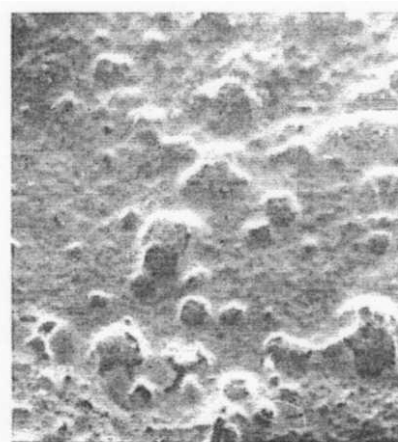
а)
×4000



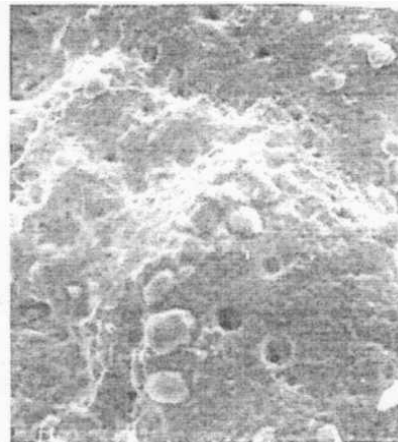
б)
×800



в)
×900



г)
×600



д)
×1000



е)
×10000

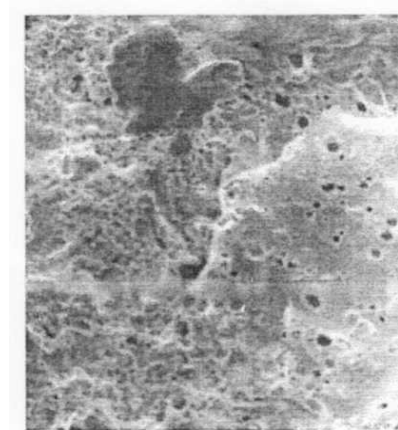


Рис. 3. Мікроструктура робочих поверхонь контакт-деталей дослідного композиційного контактного матеріалу $95\%Ag+4\text{мас}\%Zr+1\text{мас}\%Y_2O_3$ при 5×10^4 циклів комутацій та навантаженні 10 А постійного струму.

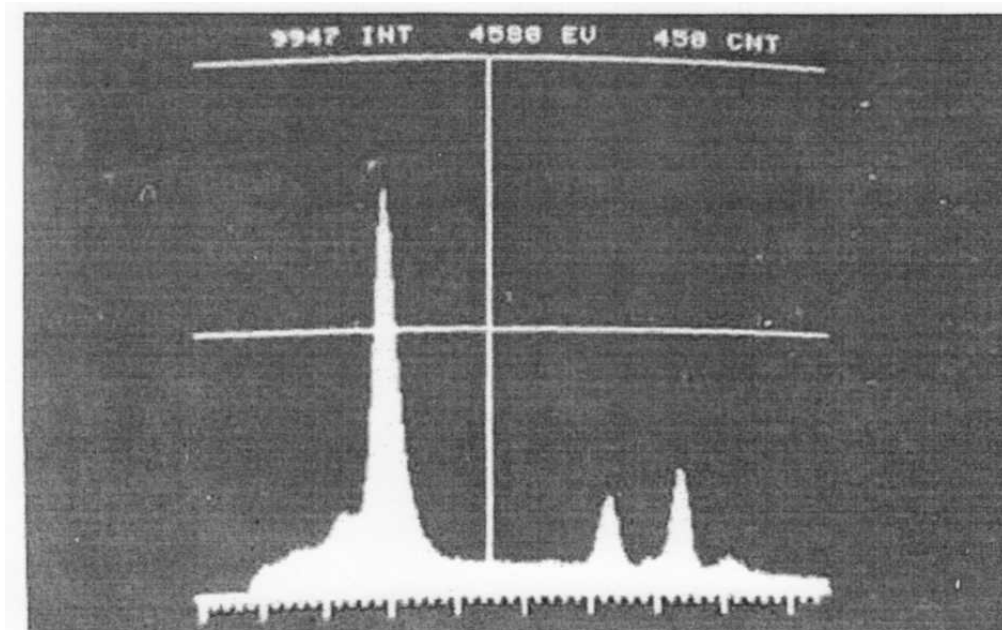
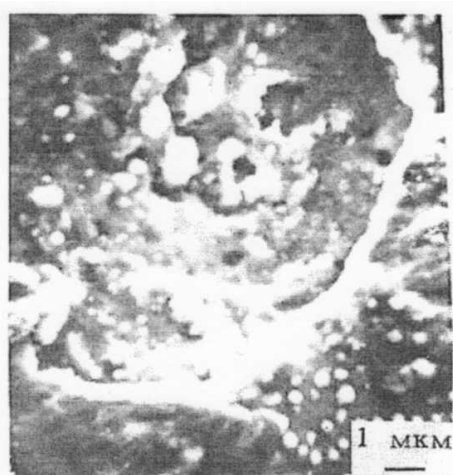


Рис. 4. Енергетичний спектр рентгенівського випромінювання робочої поверхні контакт-деталі, при комутації струму 10 А, кількості циклів комутацій $n = 5 \times 10^4$.

а)
×3700



б)
×1300

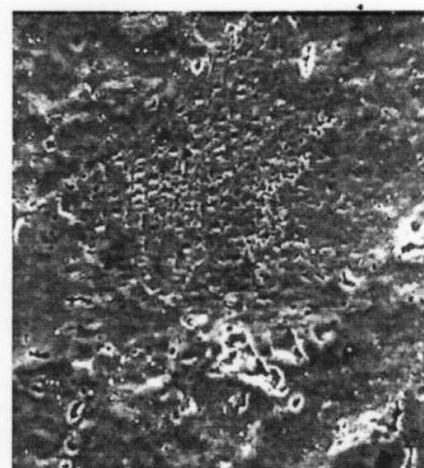


Рис 5 Мікроструктура поверхневого шару контакт деталей при комутації струму 10 А, Матеріал контакт-деталей: $92,8\text{мас}\% \text{Ag} + 3,5\text{мас}\% \text{Zr} + 2\text{мас}\% \text{C} + 1\text{мас}\% \text{CaO} + 0,7\text{мас}\% \text{U}_2\text{O}_3$ (кількість циклів комутацій $n = 5 \times 10^4$): а) анод; б) катод.

Дослідження морфології робочих поверхонь більш складного за кількістю інгредієнтів дослідного композиційного контактного матеріалу №2 наступного складу: $92,8\text{мас}\% \text{Ag} + 3,5\text{мас}\% \text{Zr} + 2\text{мас}\% \text{C} + 1\text{мас}\% \text{CaO} + 0,7\text{мас}\% \text{Y}_2\text{O}_3$, виявили специфічні особливості процесу електричної ерозії.

Специфічною особливістю даного матеріалу є утворення нової точки інверсії при струмовому навантаженні 4,5 А, а також підвищення електроерозійної стійкості в цілому порівняно з дослідним матеріалом №1 (рис. 1) та дослідним №2 (рис. 2).

Так в доінверсійній зоні при струмовому навантаженні 2 А, електроерозійна стійкість в 4 рази вища порівняно з дослідним матеріалом №1 і в 2 рази при струмі 10 А (рис. 1 та рис. 2). Це досягається за рахунок введення в композиційний матеріал додаткового комплексу добавок, якими є $2\text{мас}\% \text{C}$ (графіт) та $1\text{мас}\% \text{CaO}$ (оксид кальцію). Внаслідок цього відбувається поетапний масоперенос інгредієнтів, які послідовно приймають участь в ерозійних процесах за порядком зростання температури плавлення та зниження теплопровідності.

Якщо для першої зони дуга складається переважно із парів срібла, то в другій зоні в дузі одночасно утримуються пари срібла і легуючих домішок, а для третьої зони типовими є переважна наявність в дузі парів срібла або парів легуючих домішок. Внаслідок цього відбувається поетапний масоперенос інгредієнтів, які послідовно приймають участь в ерозійних процесах за порядком зростання температури плавлення та зниження теплопровідності.

Висновки. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження відновлення контактних вузлів дозволяють зробити такі основні висновки:

1. Отримані локальні покриття з різноманітних типів контактних матеріалів, які характеризуються високою міцністю та електроерозійною стійкістю методом газоплазмового напилення.

2. Визначена структурна схема керування кінетикою утворення фізико-механічних властивостей, відновлення зношених поверхонь контакт-деталей електричних апаратів. Частинки матеріалу розподіляються по діаметру круга, а товщина покриття визначається згідно розподілу Гауса.

3. Встановлені функціональні залежності впливу сили струму, характеру навантаження, параметрів навколишнього середовища, фізико-механічних властивостей матеріалу (температура плавлення,

твердість і тлі.) на процеси руйнування робочих поверхонь контактів та показники надійності контактування.

Література.

1. Антошин Е.В. Нанесение металлических и неметаллических покрытий посредством газопламенного напыления. / Е.В. Антошин. – М.:, 1965. – 72 с.

2. Кулик А.Я. Газотермическое напыление композиционных порошков. / А.Я.Кулик. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.

3. Намитокос К.К. Испытание аппаратов низкого напряжения. / К.К. Намитокос. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

4. Тушинский Л.И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов. – Новосибирск, 1986. – 196 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И МИКРОСТРУКТУРЫ ВОССТАНОВЛЕННЫХ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОМУТАЦИИ ТОКА

Радько И.П.

Аннотация

Работа посвящена исследованию морфологии и микро-структуры восстановленных рабочих поверхностей контактных материалов при коммутации тока.

STUDY OF THE MORPHOLOGY AND REDUCED MIKROSTUKTURU SURFACE CONTACT MATERIALS FOR CURRENT COMMUTATION

I. Radko

Summary

The work is devoted to the study of the morphology and microstructure of reduced working surfaces should contact the material in the switching current.