

A classification of operational factors influence the electromagnetic starter, revealed the importance of factors, the extent of their effect on the reliability of the starter and the switching device.

The rank correlation, electromagnetic starter, operational factors, contact material, the reliability index, patch wear resistance, reliability contacting, resistance welding.

УДК 621.762

МЕТАЛОГРАФІЧНИЙ ТА ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНИЙ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ

***А. М. Мрачковський, кандидат технічних наук
А.В. Стоянова, студентка магістратури***

Досліджено електромеханічні, теплові та фізико-хімічні процеси, що відбуваються на робочих поверхнях контакт-деталей при комутації струму.

Проведено мікроструктурний аналіз матеріалів на основі Ag з оксидними домішками для виявлення картини розподілу зміцнюючих добавок у матриці.

Контакти, мікроструктурний аналіз, композиційні матеріали, електрична дуга, гетерофазна структура, срібна матриця.

У процесі експлуатації електромагнітних пускачів відбувається електрична ерозія контактів, фізико-хімічні зміни властивостей електроізоляційних матеріалів, спрацьовування конструкційних деталей, що призводить до відмови пускачів.

Головними факторами, які визначають надійність роботи контактних деталей, є сила струму, характер навантаження, частота комутацій, контактний натиск, швидкість розмикання контактів, кінетична енергія при їхньому замиканні, вібрація, провал, розхил контактів та вплив факторів навколишнього середовища.

Мета досліджень – розробка науково-обґрунтованих заходів підвищення екологічної безпеки пускачів і підвищення їхньої експлуатаційної надійності за рахунок застосування нових екологічно безпечних і ерозійно стійких контактних матеріалів.

Матеріали та методика досліджень. Для дослідження електромеханічних, теплових та фізико-хімічних процесів, що відбуваються на робочих поверхнях контактних деталей при комутації струму використовувалися відомі та розроблені нові методики досліджень із виготовленням відповідних експериментальних установок та обладнання. Методи мікроскопії

дозволяють значно розширити уяву про механізм і кінетику ряду процесів порошкової металургії і структуроутворення, яке суттєво впливає на формування властивостей електроконтактних матеріалів.

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

Мікроструктура зразків матеріалу при введенні різних оксидів подібна: вирізняється матриця зернистої будови світлого тону, зерна відтінені другою фазою, яка залягає між їх межами.

Дослідження показали, що із збільшенням оксидів у матриці з'являються окремі їх скупчення, розміри проміжків між зернами зростають, частинки срібла майже повністю ними оточені.

Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з їх природою і залежить від розміру частинок, їх об'ємної кількості і міцності поверхні розподілу.

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 багатоскладових композиціях, спрямований розподіл у структурі теплопровідності і електропровідності компонентів призводять до високих значень електро- і теплопровідності матеріалу в цілому, що надає йому високу електроерозійну стійкість.

Введення в срібну матрицю оксидів In і Mn 5% не дозволяє холодну деформацію. З'являється текстура в результаті прокатки, формується анізотропна структура електроконтактного матеріалу. Добавка Zr в Ag викликає механізм в'язкого руйнування.

Композиційні матеріали, зміцнені оксидами, тугоплавким матеріалом, потребують п'яти-десятиразової прокатки з проміжним відпалюванням протягом години при температурі 600 °C у повітрі. Процеси пластичної деформації остаточно формують структуру електроконтактного матеріалу.

Введення нерозчинних фаз сприяють інтенсивному подрібненню зерен срібної матриці. Частинки нерозчинних компонентів також подрібнюються (диспергуються) і вибудовуються вздовж деформованих зерен срібла, зберігаючи орієнтацію в напрямку деформації. Ланцюги оксидів матриці витягуються під дією деформуючих сил при зміні форми зерна.

Металографічний та рентгеноспектральний аналіз структури робочої поверхні серійних контактів. Поглиблене вивчення фізичних процесів, які відбуваються на робочій поверхні контактів у процесі експлуатації, спрямовано на усунення електричної ерозії, яка є однією з основних причин їх руйнування. Мікроструктура матеріалу – один із головних факторів, що впливає на властивості електричного контакту. Вона залежить перш за все від технології виробництва, властивостей складо-

вих частин, а також від конструктивних особливостей апарата, енергії електричної дуги, стану навколишньої атмосфери.

На рис.1 наведена вихідна мікроструктура контактного матеріалу типу СrН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А. Вона являє собою рівномірну дрібнозернисту суміш срібної та нікелевої фази, частинки яких витягнулися паралельно напрямку прокатки дроту, забезпечуючи анізотропність фізичних характеристик.

У міру наближення до робочої поверхні розміри зерен срібної та нікелевої фази збільшуються внаслідок термічної дії дуги. На робочій поверхні контакту зменшується кількість срібла за рахунок значно нижчої, ніж у нікелю температури випаровування.

У тих місцях матеріалу, де було срібло й скупчення зерен тугоплавкої складової нікелю, з'являються дрібні пори і раковини. Глибина шару, в якому відбуваються мікроструктурні зміни, досягає 0,05 – 0,08 мм. Як на контактній поверхні безпосередньо, так і на глибині до 0,05мм нікель окислюється.

Під час роботи електричного контакту відбувається плавлення та інтенсивне випаровування легкоплавкої складової – срібла з робочої поверхні катода, внаслідок чого формується дискретна, шорстка поверхня (рис.2). Ступінь шорсткості залежить від сили струму та числа комутацій.

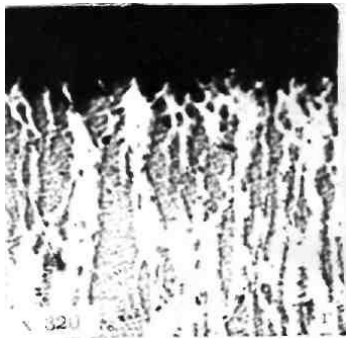


Рис.1. Мікроструктура рухомого контакту із матеріалу СrН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 100 000 комутацій



Рис.2. Зовнішній вигляд рухомого контакту із матеріалу СrН-10 електромагнітного пускача ПМЛ-1100А після 100 000 комутацій

На ерозійній поверхні з'явилися крупні виступи, а в заглибленнях структури – світлі включення, які за даними рентгеноспектрального аналізу являють собою 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 із 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.3,а), що підтверджується наявністю характерних ступенів затвердіння по краях нікелевих зерен (рис.3,б). Загуслі зерна нікелю мають форму конуса, що є типовим для мостикового переносу (рис.3,в). На вершинах деяких нікелевих зерен утворюються ді-

лянки в'язкого відриву, що свідчить про руйнування матеріалу після злипання контактів.

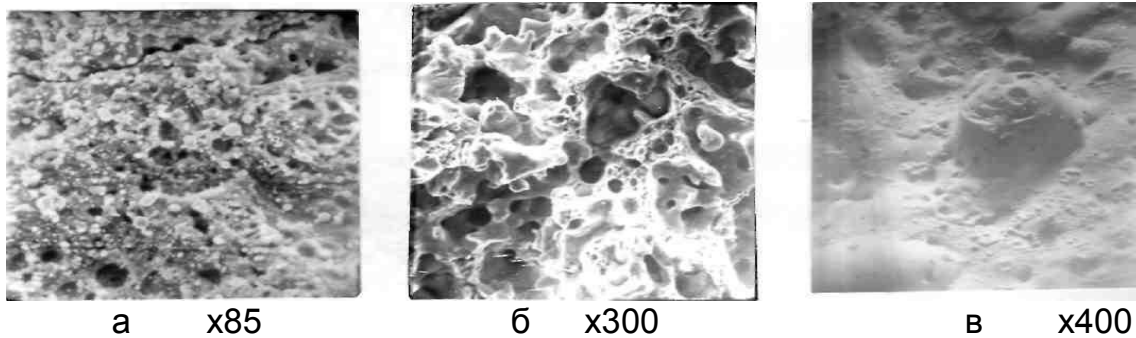


Рис. 3. Електронно-мікроскопічні знімки поверхні контактів SrH-10 після 100 000 комутацій

Отримані результати дають змогу стверджувати, що контактування в останній момент здійснюється на точках тугоплавкої складової, яка і визначає здатність матеріалу до зварювання.

Дослідження показали, що найнижчу електроерозійну стійкість мають контакти із матеріалу SrM-0,2, такого хімічного складу: Cu(0,1–0,5 %); Ni(0,005– 0,2 %), Ag – решта. При комутації струму силою 4; 6,3 та 10 А спостерігається обгорання та оплавлення робочих поверхонь контактів із цього матеріалу. Металографічний аналіз показав, що в процесі роботи мікроструктура поверхневих шарів суттєво змінюється.

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

Мікроструктура нерухомого і рухомого контакту різна за своєю будовою. На рис.5 поверхня анода вкрита дрібними зернами парів металу катода, які кристалізувались при гасінні електричного розряду. Тут можна бачити також збільшені зерна срібла, що утворилися внаслідок рекристалізації під дією температури парів металу.



Рис.4. Мікроструктура контакту із матеріалу SrM-0,2 після 100 000 комутацій

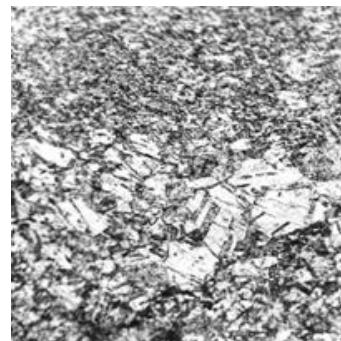


Рис.5. Мікроструктура анода контакту із матеріалу SrM-0,2 після 100 000 комутацій

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

Висновки

1. Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з їх природою і залежить від розміру частинок, їх об'ємної кількості і міцності поверхні розділу.

2. Контакткування здійснюється на точках тугоплавкої складової, яка і визначає здатність матеріалу до зварювання.

3. Введенням додатково в срібну матрицю важкорозчинних фаз типу оксидів та тугоплавких металів дозволяє регулювати масоперенос на контакт-деталях та підвищувати електроерозійну стійкість у цілому.

4. Встановлена нелінійна залежність зміни електричної ерозії від сили струму, характеру навантаження, числа комутацій, фізико-механічних властивостей матеріалу та його мікроструктури для матеріалів на основі срібла.

Список літератури

1. Белкин Г.С. Исследование элетрической эрозии металлокерамических аппаратов / Г.С. Белкин, М.Е.Данилов // Электричество. – 1972. – № 2. – С. 12 – 18.

2. Исследование эрозии металлокерамических контактов на основе серебра и никеля при коммутации малых токов. Электрические контакты: навч.посіб./ [Бейлис И.И., Братерская Г.Н., Раховский В.Н., Теодорович О.К.]. – М.: Энергия, 1987. – 305 с.

3. Мастеров В. А. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе: справ. / В. А. Мастеров, Ю. В. Саксонов. – М.: Прогресс, 1979. – 296 с.

4. Мерл В. Электрический контакт. Теория и применение на практике./ В. Мерл. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1969. – 79 с.

Исследованы электромеханические, тепловые и физико-химические процессы, происходящие на рабочих поверхностях контакт-деталей при коммутации тока. Проведен микроструктурный анализ материалов на основе Ag с оксидными добавками для выявления картины распределения упрочняющих добавок в матрице.

Контакты, микроструктурный анализ, композиционные материалы, электрическая дуга, гетерофазная структура, серебряная матрица.

Studied electromechanical, thermal, physical and chemical processes occurring on the working surfaces of the contact details at the switching current. Asked to microstructural analysis of materials based on Ag oxide impurities to identify the distribution pattern of hardening additives in the matrix.

Contacts, microstructural analysis, composite materials, electric arc, heterophase structure, matrix silver.