

Ключевые слова: *семенная смесь, озонированный воздух, тепловой баланс, температура нагрева семян.*

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS AND THEORETICAL ANALYSIS OF THERMOPHYSICAL PROCESSES IN THE SEED MIXTURE UNDER THE INFLUENCE OF STRONG ELECTRIC FIELDS

O. Bereka, O. Shelimanova, V. Bereka

Annotation. *The results of theoretical studies of processes in the seed mixture in drying grain electroactivated drying agent.*

Key words: *seed mixture, ozonated air, heat balance, temperature of seed's heating.*

УДК 621.3.086

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ СПЕЧЕНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ КОМУТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

*I. П. Радько, кандидат технічних наук
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

Анотація. *Розглянуто мікроструктуру контактних матеріалів на основі срібла з оксидними добавками та їх зміни в процесі комутації струму.*

Ключові слова: *порошкова металургія, контактний матеріал, мікроструктура, електричний струм, масоперенос.*

Відмова електрообладнання в електроустановках сільського господарства приводить до великих втрат продукції та зниження її якості. Тому підвищення надійності роботи електричних апаратів є однією зі складних і багатогранних технічних проблем. Це пов'язано зі створенням та впровадженням нових контактних матеріалів, які можуть забезпечити задані показники надійності, зниження матеріальних затрат на виробництво, ремонт і економію благородних металів. Аналіз результатів ерозійних випробувань і структурно-морфологічних досліджень поверхонь контактів дають змогу виявити важливі значення масопередачі як критерію оцінки електроконтактного матеріалу. Робота контактів у зоні інверсії дозволяє значно знизити втрати дорогоцінних металів у процесі ерозії, що важливо в економічному аспекті [1].

Мета досліджень – вивчення механізму масопереносу та закономірностей ерозійного руйнування контактних пар, виготовлених із матеріалів на основі срібла з введенням до їх складу добавок оксидів і тугоплавкого металу.

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

Мікроструктурний аналіз матеріалів на основі Ag з оксидними добавками дає змогу виявити загальну картину розподілу зміцнюючих добавок у матриці. Відносно рівномірно, як точкові включення, розподілені частинки оксидів, що введені в срібну матрицю внутрішнім окисленням. Мікроструктури зразків, при введенні різних оксидів подібні, видна матриця світлого тону, зернистої будови, зерна відтінені другою фазою, яка залягає між ними по границях.

Зі збільшенням кількості оксидів у матриці з'являються окремі накопичення оксидів, розміри проміжок між зернами зростають, а частинки Ag опиняються майже повністю ними оточені [2].

Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з природою компонентів композиційних матеріалів [3].

Крім того, поведінка композита при руйнуванні залежить від розміру частинок, їх об'ємної кількості й міцності поверхні розділу.

Результати досліджень. Кінцева структура слабострумових електричних контактів формується шляхом диспергування структурних складових і виникнення анізотропності матеріалу в результаті спрямованої деформації з одночасним утворенням субструктури. Формування анізотропної гетерофазної структури у багатокомпонентних композицій, спрямований розподіл у структурі теплопровідності й електропровідності компонентів приводить до їх високих значень в цілому і надає високу електроерозійну стійкість.

Введення в срібну матрицю оксидів In і Mn 5% не дозволяє холодну деформацію.

З'являється текстура в результаті прокатки, при цьому формується анізотропна структура електродного матеріалу.

Композиційні матеріали, зміцнені оксидами й тугоплавким матеріалом, потребують 5–10 етапів прокатки з проміжним відпалюванням за температури +600 °C на повітрі протягом години.

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

Частинки нерозчинних 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, їх розташування зберігається після відпалювання за температури +600 °C.

Введення Zr в Ag викликає механізм в'язкого руйнування.

Структурно-морфологічні дослідження робочих поверхонь при комутації струму до 10A дають можливість простежити етапи структурних перетворень у процесі експлуатації та їх вплив на надійність електродної пари.

Метою морфологічного дослідження є вивчення механізму масопереносу й закономірності ерозійного руйнування контактних пар, виготовлених із матеріалів на основі срібла (Ag) з введенням в їх склад добавок оксидів і тугоплавкого металу.

На першому етапі досліджуються робочі поверхні контактів, виготовлені з матеріалів Ag - Zr - Y₂O₃.

При навантаженні 2 А на катоді формується кратер з оплавленими краями, поверхня якого вкрита дрібними краплями, представленими за даними мікроаналізу чистим сріблом зі слідами тугоплавкого металу цирконію. Анод рівномірно покривається частинками перенесеного з катоду срібла.

Збільшення потужності дуги до 5 А змінює топографію робочої поверхні контактів. Незважаючи на зміну струмового навантаження, знос стає більш рівномірним, а поверхня більш однорідна.

На деяких ділянках катоду інтенсивно випаровується Ag, окремі зерна тугоплавкого металу – цирконію оголюються.

Це пов'язано з тим, що дуговий канал на композиційних матеріалах закріплюється на катоді та аноді на границях зерен, блоків і на частинках оксидів, які мають більш низьку тепловіддачу порівняно з Ag матрицею.

Наявність у матриці оксидів полегшує виникнення емісійних центрів на границі метал-діелектрик і центрів пароутворення.

Маса аноду при цьому трохи зменшується, хоча його поверхня збагачується Ag, яке осідає на ній перенесене з катоду, формує рівну поверхню, на якій зустрічаються оплавлені ділянки.

При комутації струму 6 А створюється динамічна рівновага обміну матеріалом між електродами.

В умовах більш потужної дуги (7 А) проявляються глибинні ефекти під дією швидких електронів, які створюють локальні осередки перегріву.

Основна кількість енергії, яка передається аноду, виділяється не на поверхні, а на деякій глибині та викликає інтенсивний розігрів металу.

Пароподібне срібло виривається на поверхню аноду, формуючи глибокі кратери.

Інтегральний спектр має лінії всіх трьох елементів композиційного матеріалу: Ag–Zr–Y₂O₃. Поверхня катоду є згладженою і, у свою чергу, покривається в окремих місцях, видалених від осередків перегріву, дрібними частинками срібла, перенесеного з поверхні аноду. Струмове навантаження 10А посилює процеси як об'ємного, так і поверхневого перегріву.

На робочій поверхні катоду виникає кілька характерних зон, пов'язаних із наявністю горизонтального градієнта температур уздовж робочої поверхні.

У центральній частині, де, здебільшого, дуга закріплюється, відбувається інтенсивне випаровування, оплавлення, розбризкування Ag з обох контактів.

На периферії, більш холодній порівняно з центральною частиною, срібло осідає у вигляді частково оплавлених пластівців, причому осадження переважає на катоді і, як наслідок, зростає його маса.

Унаслідок збільшення термічних і механічних напруг на поверхні електродів при цьому режимі роботи можуть з'являтися дрібні тріщини.

Як на катоді, так і на аноді, за даними мікроаналізу, є лінії всіх елементів композиційного матеріалу: Ag, Zr, Y_2O_3 .

На поверхні катоду можна розрізнити 3 концентрично розташованих зони.

Перша знаходиться на краю електрода і являє собою осівші конгломерати Ag у вигляді пластівців. Друга область – суцільний шар срібла. Центральна частина – найбільш виступаюча, збагачена цирконієм і Y_2O_3 .

Структура поперечного перерізу наросту й дані мікроаналізу дали змогу визначити характер масопереносу компонентів композиційного матеріалу на поверхню катоду. На початку періоду комутації на поверхню катоду переноситься срібло, що супроводжується збагаченням поверхні аноду введеними добавками.

Після такого збагачення поверхні аноду вже добавки інтенсивно переносяться на катод, де вони розташовуються паралельно робочій поверхні контакту як важкі включення.

Мікроаналіз свідчить, що вони складаються з металевих добавок. У певний момент поверхня аноду збагачується сріблом і в дузі переноситься, в основному, більш легкоплавка складова.

Струмове навантаження 10 А енергетично обумовлює інтенсивне знімання як матеріалу матриці, так і введених в срібло добавок.

У процесі масопереносу починають послідовно брати участь компоненти матеріалу в порядку зменшення їх теплопровідності та зростання тупоплавкості, відповідно до зростання енергетичних характеристик процесу.

Йде поетапний перенос складових: спочатку випаровується срібло, потім введені компоненти, потім весь цикл повторюється знову.

Доцільно при експлуатації кожного конкретного матеріалу використовувати його для комутації струмів, що відповідають струмам його зони інверсії, що визначає менші втрати матеріалу контактної пари.

Для матеріалу Ag – Zr – Y_2O_3 діапазон струмів 5–7 А, а для матеріалу Ag – Y_2O_3 – С – діапазон струмів від часток ампера до 2 А.

Аналіз результатів ерозійних випробувань і структурно-морфологічних досліджень робочих поверхонь контактів дає можливість виявити важливі значення зони інверсії масопереносу як критерію оцінки електроконтактного матеріалу поряд із основними електроконтактними характеристиками, як зони його оптимальних струмових навантажень.

Характеристика кожного контактного матеріалу, для визначення його роботоздатності в конкретному апараті, повинна мати не тільки основні електроконтактні властивості, але й точки інверсії масопереносу даного матеріалу в інтервалі струмових навантажень у заданому режимі навантаження.

Робота контактів в зоні інверсії дозволяє значно знизити безповоротні втрати дорогоцінних металів у процесі ерозії, що важливо в економічному аспекті. Використання критерію зони інверсії знизить до мінімуму імовірність похибки при виборі електроконтактного матеріалу для повних умов роботи.

Висновки

Визначено структурну схему кінематичного утворення фізико-механічних властивостей поверхонь контакт-деталей електричних апаратів. Визначено характер масопереносу компонентів композиційного матеріалу на поверхню катоду. Визначено важливі зони інверсії масопереносу як критерію оцінки електроконтактного матеріалу і зони його оптимальних струмових навантажень.

Список літератури

1. Бумкевич Г. В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей / Г. В. Бумкевич. – М. : Энергия, 1973. – 172 с.
2. Харин С. Н. Математические модели тепловых процессов в электрических контактах / Харин С. Н., Ким Е. Н., Омельченко В. Т. – Алма-Ата : 1977. – 236 с.
3. Тушинский Л. Н. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Тушинский Л. Н., Плохов А. В. – Новосибирск, 1986. – 196 с.
4. Радько І. П. Металографічний та рентгеноспектральний аналіз структури робочої поверхні дослідних контактів при комутації змінного струму, відновлених методом газоплазмового напилення / І. П. Радько // Енергетика і автоматика. – 2012. – № 2. – С. 5.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПЕЧЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ КОММУТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

И. П. Радько

Аннотация. *Рассмотрена микроструктура контактных материалов на основе серебра с оксидными добавками и ее изменение во время коммутации электрического тока.*

Ключевые слова: *порошковая металлургия, контактный материал, микроструктура, электрический ток, массоперенос.*

STRUCTURAL FEATURES BAKED COMPOSITE CONTACT MATERIALS IN ELECTRIC CURRENT SWITCHING

I. Radko

Annotation. *The research questions of contact materials microstructure based on silver oxide additives and their changes during the current commutation were considered in the article.*

Key words: *powder metallurgy, contact material, microstructure, electric current, mass transfer.*