

вання на біологічні процеси в зерновому насипі / І. Б. Луцик // Науковий вісник НУБіП України. – 2013. – Вип. 184. – С. 246–251.

3. Пат. 68806 Україна, МПК H02P 1/26 (2006.01). Спосіб адаптивного частотного керування асинхронним двигуном / Федорейко В. С., Рутило М. І., Петрикович Ю. Я., Луцик І. Б., Іскерський І. С.; заявник і патентовласник Тернопільський нац. пед. ун-т ім. Володимира Гнатюка; заявл. 06.10.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.

4. Система керування процесом виробництва двокомпонентного твердого біопалива / В. С. Федорейко, І. С. Іскерський, М. І. Рутило, В. З. Чорний // Науковий вісник НУБіП України. – 2012. – Вип. 174, ч. 2. – С. 93–98.

5. Федорейко В. С. Адаптивне частотне керування асинхронним електроприводом вентиляційних установок / В. С. Федорейко, І. Б. Луцик, М. І. Рутило // Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 166, ч.4. – С. 89 – 94.

Обосновано использование имитационного моделирования для исследования скоростных режимов технологических процессов. Приведены примеры разработки имитационных моделей системы активного вентилирования и системы связанного дозирования компонентов твердого биотоплива, выполненных средствами Simulink пакета MatLAB и указано особенности их реализации.

Имитационное моделирование, электропривод, система управления, технологический процесс, активное вентилирование, связанное дозирование, Simulink.

The expediency of use of simulation modelling to study the speed modes processes is proved. The examples of the created of simulation models the system of active ventilation and the system of two-component dispensing of biofuels, which are implemented by means of Simulink environment MatLAB are illustrated. Indicated the especially of their implementation.

Simulation modeling, electrical drive, control system, technological processes, active ventilation, coherent dosage, Simulink.

УДК 621. 3. 066. 5

ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИХ І ЕРОЗІЄСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

І. П. Радько, кандидат технічних наук

Наведено результати досліджень використання в контакт-деталях на основі срібла малотоксичної добавки оксиду олова замість токсичного оксиду кадмію, який належить до першої групи токсичності.

Контакт-деталі, комутаційні апарати, плазма, електрична дуга, енергія, електрична ерозія.

© І.П. Радько, 2013

Методи відновлення контакт-деталей електричних апаратів, що застосовувалися раніше не враховували особливостей формування і будови плазмових покриттів. Тому, актуальною є проблема вдосконалення ремонту комутаційних апаратів, що експлуатуються в аграрному виробництві, та забезпечення екологічно-безпечної їх експлуатації.

Мета досліджень – підвищення екологічної ефективності та експлуатаційної надійності комутаційних апаратів, використовуючи при їх ремонті екологічно-безпечні та ерозієстійкі композиційні контактні матеріали.

Матеріали та методика досліджень. Електромеханічні апарати з контактними комутаційними елементами становлять 90 % ринку комутаційних апаратів завдяки вагомим перевагам над апаратами з напівпровідниковими комутаційними елементами (глибина комутації, перевантажувальна здатність, малі втрати енергії, стійкість до коротких замикань).

Одним із розповсюджених видів комутаційних апаратів є контактори та пускачі, особливістю роботи яких є велика частота комутацій – до 1200 комутацій за годину.

У магнітних пускачах типу ПМЕ, ПМА, ПМЛ, ПМ-12 застосовуються металокерамічні контакти марки КМК-А10м, які в своєму складі містять оксид кадмію (CdO), завдяки якому суттєво підвищується зносостійкість контактів.

При цьому слід враховувати, що оксид кадмію, який є токсичним інгредієнтом, під дією електричної дуги, що виникає у міжконтактному проміжку електричного апарата, вже при температурі $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ розкладається на кадмій і кисень, а при температурі $1559\text{ }^{\circ}\text{C}$ сублимує і потрапляє в навколишнє середовище [3].

Відповідно до державних санітарних правил та норм України кадмій та його сполуки належать до 1-го класу токсичнонебезпечних речовин [2].

У цьому ж документі зазначається, що оксид кадмію може негативно впливати на бронхо-легеневу систему, шкіру та підшкірну клітковину, нервову систему, обмін речовин, кровотворну систему.

Згідно з міждержавним стандартом [4], який нормує загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони середньозмінна гранично допустима концентрація кадмію та його сполук встановлена на рівні $0,01\text{ мг/м}^3$ що лише у два рази перевищує граничну допустиму концентрацію таких речовин, як свинець та ртуть, токсичність яких є загальновідомою.

Програма Організації Об'єднаних Націй з охорони навколишнього середовища, яка регулює використання хімічних речовин, зобов'язує уряди країн вжити заходи щодо зменшення ризиків для здоров'я людей та довкілля.

У лютому 2009 року на 25-й сесії Ради директорів цієї Програми та Глобальному форумі з Навколишнього середовища на рівні міністрів [6] був прийнятий стратегічний підхід до міжнародного регулювання хімічних речовин, таких як ртуть, свинець і кадмій.

Таким чином, проблема заміни оксиду кадмію в комутаційних апаратах на матеріали, які не є токсичними, безумовно є актуальною для України.

Численні дослідження [1] науковців у різних країнах показали можливість застосування в електричних контактах замість оксиду кадмію ок-

сидів інших металів, серед яких особливу увагу дослідників привертає оксид олова.

Композиції срібла з кількістю оксиду олова (SnO_2) 8,10,12 % маси в останні роки все ширше застосовують як контактні матеріали для низьковольтних комутаційних апаратів.

Оксид олова – нетоксичний, підвищує твердість композиційного матеріалу порівняно з контактами типу КМК-А10м за рахунок розташування дрібних частинок SnO_2 у середині зерен срібла.

Термодинамічні властивості оксиду олова набагато кращі, ніж оксиду кадмію. Так, температура плавлення SnO_2 1900 °С, при якій SnO_2 не розкладається на олово і кисень. Зона плавлення робочої поверхні дугою невелика, оскільки температура кипіння SnO_2 становить 2273 °С.

Металопереробний завод INMET Інституту кольорових металів у Глівіце (Польща) виготовляє контактний матеріал срібло-оксид олова, де токсичний оксид кадмію замінено екологічно безпечним оксидом олова [7]. Проте робоча поверхня контактів такого матеріалу зазнає значного окислення при довготривалому проходженні струму. Окислення поверхні призводить до перегріву матеріалу та значного підвищення перехідного опору, що знижує надійність та термін служби апаратів.

На кафедрі електричних машин та експлуатації електричного обладнання НУБіП України розроблено нові типи екологічно безпечних матеріалів з підвищеною зносостійкістю, на які отримано патенти України.

Розроблено екологічно безпечний та ерозієстійкий композиційний контактний матеріал з такими інгредієнтами : 82 %мас Ag + 11,5мас SnO_2 + 4 %мас In_2O_3 + 2 %мас Zn + 0,5 %мас WO_3 [5].

При комутації струму та довготривалому його проходженні через замкнені контакти на робочій поверхні утворюється термостійкий шар SnO_2 з високим питомим опором ($\rho=4 \cdot 10^4$ Ом·м), що призводить до перегрівання та зниження їх електроерозійної стійкості. Запобігання утворенню термостабільного шару забезпечує введення оксиду вольфраму (WO_3) в кількості 0,5 %мас. Розплавлені частинки WO_3 ($T_{\text{плавл.}}=1470$ °С) обволікають тверді частинки SnO_2 і утворюють волокнистість розплавленого срібла, де волокнами є частинки SnO_2 , покриті частинками WO_3 .

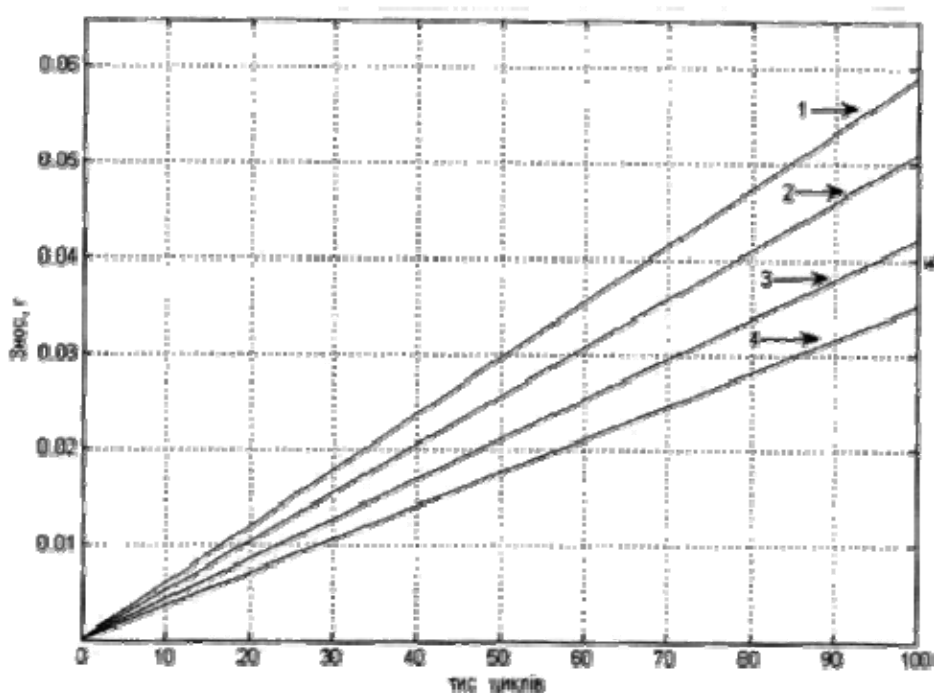
Частинки SnO_2 , які не покриті оксидом вольфраму, виштовхуються наверх розплавленим сріблом, де на робочій поверхні створюється термостабільний шар оксиду олова з високим опором протікання струму.

Введення оксиду індію (In_2O_3) дозволяє рівномірно розподіляти дрібнозернисті оксиди олова в срібній матриці і прискорювати дифузію олова в срібну матрицю при виготовленні контактного матеріалу.

Введення цирконію (Zr) підвищує електроерозійну стійкість контактів за рахунок поглинання кисню із розплавленого срібла при дії електричної дуги, що призводить до зменшення часу горіння дуги та розбризкування рідкого срібла.

На рисунку показано графіки електричної ерозії серійних і дослідних зразків контакт-деталей магнітного пускача ПМЛ-3121 04Б залежно від числа циклів комутацій і кількості інгредієнтів.

Комутація струму становила 40 А, напруга 380 В у категорії застосування АС-3.



Графіки електричної ерозії серійних і дослідних зразків контакт-деталей магнітного пускача ПМЛ-3121 04Б:

- 1 – серійні контакт-деталі КМК-А10мд; 2 – дослідний зразок Ag-11,5 %мас SnO₂ ;
3 – дослідний зразок Ag-11,5 %мас SnO₂-4 %мас In₂O₃- 0,5 %мас WO₃;
4 – дослідний зразок Ag -11,5 %мас SnO₂– 4 %мас In₂O₃-2 %масZn - 0,5 % мас WO₃

Як видно із графіка електрична ерозія контактів зростає лінійно, залежно від кількості циклів комутації.

Знос серійних контактів типу КМК-А10м за $1 \cdot 10^5$ циклів комутації дорівнює 30 мг.

Знос дослідного зразка Ag+11,5 %мас становить 25 мг, низька електроерозійна стійкість залежить від високого опору між контакт-деталлями і їх перегрівання.

Знос дослідного зразка Ag+11,5 %мас SnO₂ + 4 %мас In₂O₃+ 0,5 %мас WO₃ становить 18 мг.

Висока електроерозійна стійкість досягається за рахунок введення оксиду вольфраму, що покриває частинки SnO₂ і створює волокнистість розплавленого срібла. Також введення оксиду індію дозволяє рівномірно розподілити дрібнозернисті оксиди олова в срібній матриці.

Знос дослідного зразка Ag +11,5 %мас SnO₂ + 4 %мас In₂O₃+ 2 %масZr+ 0,5 %мас WO₃ - 35 мг.

Підвищення електроерозійної стійкості досягається за рахунок введення цирконію. Цирконій поглинає кисень із розплавленого срібла при дії електричної дуги, що призводить до зменшення часу горіння дуги та розбризкування рідкого срібла.

Відновлення спрацьованих поверхонь контакт-деталей новими композиційними матеріалами, які підтверджені патентами України №18931, 47346, 49215 та 93778 дозволило підвищити електроерозійну стійкість в 1,6 – 2,0 рази в порівнянні із серійними типу КМК-А10м.

Результати досліджень. Використання в матеріалі контакт-деталей на основі срібла малотоксичної добавки оксиду олова замість токсичного оксиду кадмію, що належить до першої групи токсичності, значно підвищує рівень екологічної чистоти матеріалу, а сумісне введення у композитний матеріал таких малотоксичних інгредієнтів як оксиди олова та індію, вольфраму та металу цирконію значно підвищує електроерозійну стійкість, надійність контактування та суттєво зменшує силу приварювання контактів.

Висновки

Структура руйнування поверхні композиційних матеріалів тісно пов'язана з природою компонентів матеріалів. Оптимальна структура матеріалу розривних контактів повинна відповідати типу матричних структур – електропровідна матриця на основі срібла з ізольованими частинками оксидів і тугоплавких металів.

Відсутність взаємодії інгредієнтів із срібною матрицею дозволяє використовувати властивості кожного з них для підвищення електроерозійної стійкості контактів. Тому електрична дуга переміщується з одного окремо розташованого тугоплавкого включення оксиду олова на інше, внаслідок чого відбувається дисипація енергії дуги і зменшується кількість теплової енергії, яка поглинається матеріалом контактів.

Список літератури

1. Афонин М.П. Классификация материалов для электрических контактов низковольтной коммутационной аппаратуры и области их применения в электротехнике / М.П. Афонин, М.Н. Овчинникова. // Электрические контакты и электроды: тр. Ин-та материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины. – К., 2006. – С.153–160.
2. Державні санітарні правила та норми України. № 2.2.7. 029-99. – Дод. 2, п.22. – К.: Міністерство охорони здоров'я, 2004. – 8 с.
3. Мастеров В.А. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе: справ. / В.А. Мастеров, Ю.В. Саксонов. – М.: Металлургия, 1979. – 296 с.
4. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88. – [Введен 89-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 48 с.
5. Пат. на корисну модель 18931 Україна МПК В22F 1/00, С22С 1/04 Спечений матеріал для електричних контакт-деталей / Коханівський С.П., Коробенко П.В., Власенко Ю.П., Радько І.П.; заявник і власник Національний аграрний університет. – № u200606938; заявл. 21.06.06; опубл. 15.11.2006; Бюл. № 11/2006.
6. Программа организации Объединенных Наций по окружающей среде: Доклад Совета управляющих Глобального форума по окружающей среде на уровне министров о работе его двадцать пятой сессии (Найроби, 16-20 февраля 2009 года).
7. <http://www.inmet.gliwice.pl>.

Представлены результаты исследований использования в контакт-деталях на основе серебра малотоксичной добавки оксида олова вместо токсичного оксида кадмия, который относится к первой группе токсичности.

Контакт-детали, коммутационные аппараты, плазма, электрическая дуга, энергия, электрическая эрозия.

The presented results of researches of the use are in pin details on the basis of silver, low-toxic addition of oxide of tin instead of toxic oxide of cadmium, that belongs to the first group of toxicity.

Pin –details, commutation apparatus, plasma, voltaic arc, energy, electrical erosion.

УДК 536.2.536.7

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РУЙНУВАННЯ (ПОДРІБНЕННЯ) ЧАСТОЧОК РІЗНОЇ ФОРМИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА (РПА)

***В.Г. Горобець, доктор технічних наук
Д.В. Гескін, аспірант****

Обґрунтовано умови, що забезпечують подрібнення частинок матеріалу до відповідних розмірів. Отримано методичку, яка дозволяє оцінити витрати енергії на дезагрегацію дисперсних матеріалів. З'ясовано механізм дії робочих органів РПА на матеріал, що подрібнюється, і на підставі цього визначено умови гарантованого руйнування частинок різної форми.

Подрібнення, роторно – пульсаційний апарат, кавітація.

Подрібнення – один із найбільш давно відомих людині процесів. Однак, незважаючи на це, його теоретичні основи досі зазнають змін і ще до кінця не сформовані, що ускладнює розрахунок енерговитрат на його здійснення. Оскільки зазначений процес є енергоємним, то встановлення залежності між розмірами подрібнюваних і подрібнених частинок, а також витраченої на їх отримання енергії є актуальним завданням.

Мета досліджень – обґрунтування умов, що забезпечують гарантоване подрібнення частинок різної форми при взаємодії з робочими органами роторно-пульсаційного апарата та знаходження залежностей для оцінки енерговитрат при отриманні гомогенних сумішей.

Матеріали та методика досліджень. У різних галузях промисловості і, зокрема, в хімічній технології, існує велика потреба в тонкоподрібне-

* Науковий керівник – доктор технічних наук В.Г. Горобець

© В.Г. Горобець, Д.В. Гескін, 2013