

ЕКОЛОГІЯ ECOLOGY

УДК 621.316.5:621.762:621.315.5

В. О. Кохановський, канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ КОНТАКТІВ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

У статті обґрунтовано методи створення екологічно безпечного композиційного контактного матеріалу з підвищеною електроерозійною стійкістю для комутаційних апаратів. Ресурс експлуатації, надійність та екологічність апаратів покращується за рахунок використання в них нових розроблених контактних матеріалів на основі срібла.

Для визначення типу домішок, що покращують експлуатаційні характеристики контактного матеріалу, було проведено їх дослідження за характером впливу на контактні властивості матеріалу та обґрунтовано вибір визначених інгредієнтів, згідно з науковими принципами структуроутворення композиційних матеріалів.

Порівняльне експериментальне дослідження комутаційних апаратів із серійними і дослідними контактними матеріалами на комутаційну зносостійкість показало, що електроерозійна стійкість дослідних контакт-деталей в 1,8..2 рази вища, ніж у серійних.

Ключові слова: комутаційний апарат, контактний матеріал, контакт-деталь, комутаційна зносостійкість, електрична ерозія.

Вступ.

У вітчизняних електричних комутаційних апаратах широко застосовують металокерамічні контактні накладки марки КМК-А10м, які містять у своєму складі оксид кадмію (CdO), завдяки якому суттєво збільшується електрична зносостійкість контактів [1]. При цьому слід ураховувати, що оксид кадмію є токсичним, та під дією електричної дуги, яка виникає в міжконтактному проміжку комутаційного апарату в процесі комутації, розкладається на кадмій та кисень й потрапляє до навколишнього середовища.

Державні санітарні правила та норми України (ДСанПіН 2.2.7. 029-99) відносять кадмій та його сполуки до першого класу токсичних речовин, які небезпечні для здоров'я людини. У цих же правилах зазначається, що оксид кадмію може шкідливо впливати на бронхолегеневу систему, шкіру та підшкірну клітковину, нервову систему, обмін речовин, кровотворну систему та інше. [2]

Також цей матеріал потрапив у перелік матеріалів не рекомендованих до застосування Директивою Ради Європейського Союзу 2002/96/ЄС (RoHS directive – Restriction of Hazardous Substances), яка обмежує використання шести речовин (серед яких ртуть, свинець і кадмій) в новому електричному і електронному устаткуванні після 1 липня 2006 року на території Європейського Союзу. Мета директиви – обмежити застосування небезпечних речовин для забезпечення захисту здоров'я людей і навколишнього середовища. [3]

Директива RoHS поширює свою дію не тільки на територію ЄС, але і на тих виробників електронного і електричного устаткування продукція яких призначена для країн ЄС.

При виготовленні електричних апаратів приблизно 65 % вартості матеріалів складають контакти на основі срібла. На даний час 25 % світового виробництва срібла витрачається на потреби електроніки й електротехніки, причому 70..80 % його вигорає під дією електричної дуги. Оскільки Україна не має достатніх сировинних ресурсів щодо виробництва цього металу, стає зрозумілою необхідність створення матеріалів, які економлять срібло й одночасно мають належні технічні та екологічні характеристики.

Численні дослідження (див. бібліографію в [4]), проведені науковцями у різних країнах, показали можливість застосування в електричних контактах замість оксиду кадмію оксидів інших металів, серед яких особливу увагу дослідників привертає оксид олова.

Композиції срібла з кількістю оксиду олова (SnO₂) 8, 10, 12% маси в останні роки знаходять все більш широке застосування як контактні матеріали для низьковольтних комутаційних апаратів.[5]

Оксид олова – не токсичний, підвищує твердість композиційного матеріалу порівняно з

контактами типу КМК-А10м, за рахунок розташування дрібних частинок SnO₂ всередині зерен срібла. Термодинамічні властивості оксиду олова набагато кращі ніж у оксиду кадмію. Так температура плавлення SnO₂ близько 1900°C, при якій SnO₂ не розкладається на олово і кисень. Зона плавлення робочої поверхні дугою мала, оскільки температура кипіння SnO₂ становить 2273°C.

Проте, робоча поверхня контактів такого матеріалу зазнає значного окислення при тривалих навантаженнях. Окислення поверхні призводить до перегріву матеріалу та значного підвищення перехідного опору, що знижує надійність та термін служби апаратів.

Мета роботи та результати досліджень

Метою даної роботи є обґрунтування методів створення та розробка нових композиційних матеріалів на основі композиції срібло-оксид олова для комутаційних апаратів з покращеними експлуатаційними характеристиками.

До матеріалів стикових контактів комутаційних апаратів та апаратів керування висуваються такі вимоги:

- висока механічна зносостійкість;
- висока електрична зносостійкість;
- висока стійкість до зварювання;
- висока електропровідність;
- висока теплопровідність;
- низький та стабільний перехідний опір;
- низька схильність до взаємодії з хімічно-активними складовими атмосфери – двоокисом вуглецю, сірководнем, двоокисом сірки, аміаком, киснем тощо;
- забезпечення надійного кріплення до контактотримача зварюванням, пайкою чи заклепуванням;
- низька вартість при заданому рівні надійності.

Перерахованим вимогам не може задовольнити жодний з чистих металів. Застосування методів порошкової металургії дозволяє створити так звані металокерамічні контакти, які у певній мірі задовольняють більшості суперечливих вимог до стикових контактів комутаційних апаратів та апаратів керування та компенсують недоліки сплавів: невелику міцність, схильність до місткоутворення і зварювання, сульфідна корозія та ін.

Основними критеріями при виборі інгредієнтів композиційного контактного матеріалу є їх висока термодинамічна стабільність, відсутність хімічної взаємодії з матричним металом (яким у наших дослідженнях є срібло) мала схильність до коалесценції за розчинно-осаджувальним механізмом при високих температурах.

Цим вимогам у значній мірі відповідають термодинамічні стійкі тугоплавкі з'єднання, такі як оксиди, які можуть бути отримані у вигляді порошків різних ступенів дисперсності.

Введення дисперсних частинок оксидів в срібну матрицю підвищує міцність, межу текучості, твердість і температуру рекристалізації, оксиди підвищують дугогасний ефект, перешкоджають зварюванню контактів при комутації струму в нормальних і аварійних режимах.

У металокерамічних композиціях з оксидами електродуговий розряд на поверхні контактів вибірково взаємодіє з частинками інгредієнтів найменш тепло- і електропровідними, викликаючи їх ерозію. Тому електрична дуга переміщується з одного окремо розташованого тугоплавкого включення на інше, внаслідок чого відбувається дисипація енергії дуги і зменшується кількість теплової енергії, яка поглинається матеріалом контактів. Вибірковість ерозійного руйнування поверхонь контактів дозволяє цілеспрямовано конструювати контактний матеріал шляхом підбору відповідних компонентів, забезпечуючи кращі показники тепловідведення від зони ерозійної дії, механічної міцності, електропровідності.

Виходячи із наведених вимог до контактів комутаційних апаратів та вимог щодо структуроутворення композиційного контактного матеріалу, для проведення дослідження були вибрані наступні інгредієнти: Bi₂O₃, WO₃, Cr.

Обґрунтування введення цих складових в композицію срібло-оксид олова наступне. Введення 11% масової частки оксиду олова, який не є токсичним, підвищує твердість матеріалу до H_v=150 кг/мм² за рахунок розташування дрібних часток SnO₂ в зернах срібла. В порівнянні з срібними контакт-деталлями типу КМК-А10м, твердість яких складає H_v=80 кг/мм², запропоновані контакт-деталі твердість мають в 1,8 рази вищу.

Введення в композиційний контактний матеріал більше 11% масової частки оксиду олова, призводить до утворення суцільних шарів оксиду, які перешкоджають внутрішньому окисненню матеріалу при його виготовленні. Також, при експлуатації низьковольтних комутаційних апаратів з оксидом олова більше 11% від маси контактного матеріалу відбувається перегрів контакт-деталей і знижується їх електроерозійна стійкість.

Введення оксиду олова менше 11 % від маси знижує твердість композиційного контактного матеріалу, що скорочує термін служби електричного апарату.

Зменшення обгорання контактів при відключенні струмів короткого замикання досягається за рахунок введення хрому, який під дією дуги короткого замикання швидко окислюється до Cr_2O_3 , що значно підвищує опір дузі. Внаслідок цього струм в дузі значно зменшується, час горіння дуги скорочується, що зменшує обгорання контактів і знижує електричну ерозію. Також значне збільшення ерозійної стійкості відбувається за рахунок конденсації тугоплавкого хрому на легкоплавке срібло при затуханні дуги.

Введення оксиду вісмуту 1,5-2,5 % від маси сприяє подрібненню зерна срібла з виділенням оксиду в середині зерна, що значно підвищує твердість матеріалу. Збільшення цього оксиду до 4-5 % значно збільшує зерна срібла, що знижує електроерозійну стійкість. Під час внутрішнього окислення створюються нові хімічні з'єднання з оксидами олова – $\text{Bi}_2\text{Sn}_2\text{O}_2$; що підвищують електроерозійну стійкість матеріалу.

Введення 0,5% маси оксиду вольфраму (WO_3) дає можливість композиційному контактному матеріалу витримувати високу температуру дуги і володіти високою електроерозійною стійкістю.

Це досягається за рахунок змочування частинок SnO_2 ($T_{\text{пл}}=1900^\circ\text{C}$) розплавленим оксидом вольфраму ($T_{\text{пл}}=1470^\circ\text{C}$). Внаслідок цього, частинки SnO_2 залишаються в суспензії розплавленого під дією електричної дуги рідкого срібла, завдяки зчепленню з частинками оксиду вольфраму. Без такого змочування частинки оксиду олова виштовхувалися на робочу поверхню контактів розплавленим сріблом.

Висока волокнистість розплавленого срібла, яка має в суспензії частинки оксиду олова змочені оксидом вольфраму, підвищує електропровідність композиційного контактного матеріалу.

Введення оксиду вольфраму більше 0,5% маси призводить до збільшення контактної опору контакт-деталей.

Зниження маси оксиду вольфраму менше 0,5% не дає можливості повністю змочити частинки оксиду олова.

Застосування у матеріалі рухомого контакту графіту значно знижує силу зварювання деталей.[8]

В результаті цих досліджень було розроблено склад металокерамічного матеріалу для електричних контактів [6]. Розроблений матеріал електричного біметалевого контакту включає наступні інгредієнти: 81,75 % мас. Ag + 11 % мас. SnO_2 + 2,25 % мас. Bi_2O_3 + 4,5 % мас. Cr + 0,5% мас. WO_3 . [7]

Для виготовлення дослідних зразків була запропонована комбінована технологія виготовлення, а саме: поєднання хімічних процесів (відновлення оксидних порошків, та їх повторне внутрішнє окиснення) для отримання необхідного гранулометричного складу і структури вихідних порошків та процеси порошкової металургії:

- змішування порошків срібла, оксиду олова, оксиду вісмуту;
- відновлення суміші срібла з вище названими оксидами в атмосфері водню при температурі 650°C , час витримки - 2 год;
- отримані порошки сплавів срібла, олова і вісмуту піддавалися внутрішньому окисненню при температурі 750°C протягом 2 годин;
- до окиснених порошків срібла, олова і вісмуту добавлявся порошок оксиду вольфраму і хрому, які змішувались і пресувались в контакти з тиском 2,5 МПа;
- отримані контакти спікались в повітряній атмосфері при 900°C протягом 1 години.
- після спікання проводилося допресовування з силою 10 МПа і відпалювання контактів при температурі 500°C протягом 1 години.

Випробування на електричну ерозію автоматичних вимикачів серії ВА 88-32 ($I_n=125\text{A}$) з серійними та дослідними контактами проводились при характеристиці "С" вимикання струмів короткого замикання, при якій $I_{КЗ} = 625\text{A}$. Результати досліджень наведено в таблиці.

Результати досліджень, які наведені в таблиці показують, що склад матеріалу дослідного зразка № 2 заявленої контактної пари, має електричну ерозію в 2 рази нижчу, ніж контактна пара прототипу.

Перехідний опір дослідного зразка №2 заявленої контактної пари нижчий перехідного опору прототипу (0,6 мОм і 0,75 мОм відповідно). Сила зварювання контакт-деталей склала 0,025 Н, у серійних – 0,05 Н.

Це досягається новими фізико-механічними властивостями матеріалу на робочій поверхні контактів, які виникають при дії струму короткого замикання при розмиканні електричного кола. Як показав мікроструктурний аналіз, структура поверхні руйнування енергією електричної дуги тісно пов'язана з фізико-механічними властивостями оксидів і хрому, розмірів частинок оксидів, їх об'ємної кількості і міцності поверхні розділу.

Випробування на електроерозійну стійкість проводилось згідно ДСТУ 2993-95 при силі струму 125 А, напрузі 380 В, $\cos\phi = 0,35$, числі комутацій $5 \cdot 10^4$ циклів. Результати випробувань приведені на рис., де графік 1 –серійні контакти КМК - А10м, а графік 2 – дослідні контакти.

Величина електричної ерозії за одне відключення струму короткого замикання та зміна перехідного опору

Склад матеріалу дослідних зразків	Кількість інгредієнтів, мас. % в матеріалі									Електрична ерозія контактів при розмиканні струму короткого замикання за 1 цикл, 10^{-8} г.		Перехідний опір, Ом, 10^{-3}
	Рухомий контакт			Нерухомий контакт								
	Срібло	Нікель	Графіт	Срібло	Оксид олова	Хром	Оксид вольфраму	Оксид вісмуту	Оксид кадмію	Рухомий	Нерухомий	До розмикання
Запропоновані:												
Зразки №1	69	29	2	84,6	9	4	0,4	2		-2,47	-2,25	0,8
Зразки №2	69	29	2	81,75	11	4,5	0,5	2,25		-1,25	-1,14	0,6
Зразки №3	69	29	2	79,9	12	5	0,6	2,5		-2,33	-1,92	0,7
Серійний матеріал	70	30		85	-	-	-	-	15	-2,52	-2,23	0,75

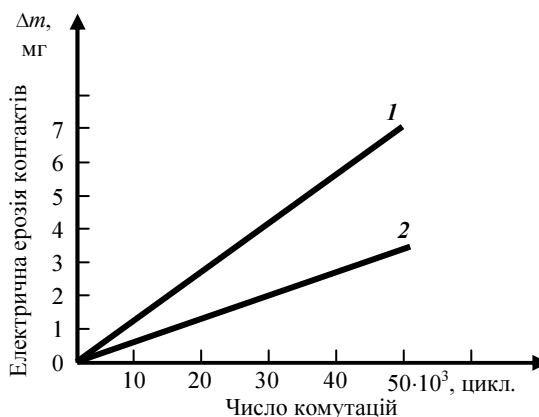


Рис. Електрична ерозія контакт-деталей автоматичних вимикачів серії ВА 88-32 в залежності від циклів комутацій: 1 – контакт КМК-А10м; 2 – дослідні контакти.

Результати випробувань показують, що при сумісному введенні в срібну матрицю вище перерахованих інгредієнтів, електроерозійна стійкість контактів підвищується приблизно в два рази і забезпечується екологічна чистота матеріалу.

Висновки

В статті обґрунтовано склад та вміст інгредієнтів нового композиційного матеріалу для автоматичних вимикачів з необхідними фізико-механічними властивостями. Результатом проведених досліджень стало створення нового екологічно безпечного та ерозієстійкого композиційного контактного матеріалу наступного складу: 81,75 % мас. Ag + 11 % мас. SnO₂ + 2,25 % мас. Bi₂O₃ + 4,5 % мас. Cr + 0,5% мас. WO₃. Із розробленого матеріалу виготовлено металокерамічні електричні контакти та контактні пари для дослідження на електроерозійну стійкість у низьковольтних електричних апаратах.

Установлено, що електроерозійний знос контакт-деталей автоматичних вимикачів при комутації струму є пропорційним силі струму, числу циклів комутації, та залежить від структури і фізико-механічних властивостей матеріалу. Дані експериментальних досліджень щодо електроерозійної стійкості нового композиційного матеріалу перевищують аналогічний показник серійного матеріалу типу КМК-А10м в 1,8...2 рази.

Список літератури

1. Мастеров В.А., Саксонов Ю.В. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе. Справочник. – М.:1979, 295с.
2. Державні санітарні правила та норми України. № 2.2.7. 029-99. – Додаток 2, п.22.
3. <http://www.rohs.eu>

4. Минакова Р.В. Композиционные материалы для контактов и электродов (Обзор) / Р.В. Минакова, М.Л. Грекова, А.П. Кресанова, Л.А. Крячко // Порошковая металлургия. – 1995. – № 7/8. – С. 32–53.

5. Афонин М.П. Контакт-детали и контактные материалы из композиций серебро-оксид олова. // Электрические контакты и электроды. Труды Института проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины./ М.П. Афонин, М.Н. Овчинникова. – К.: - 2004. – С. 119–124.

6. Патент України на корисну модель №47346, МПК C01G 19/00. Спечений матеріал для електричних контакт-деталей. / Радько І. П., Щербак Т. В., Кохановський В. О., Власенко Ю. П. – заявл. 14.08.2009 ; опубл. 25.01.2010, Бюл. №2.

7. Патент України на корисну модель № 49215, МПК C01G 19/00. Металокерамічний біметалевий електричний контакт / Б. В. Клименко, І. П. Радько, В. О. Кохановський, В. В. Коробський; заявл. 09.10.2009 ; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.

8. Патент України на корисну модель № 49214, МПК C01G 19/00. Контактна пара для автоматичних вимикачів. / Клименко Б.В., Радько І. П., Кохановський В. О. – заявл. 09.10.2009 ; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.

V. Kokhanovsky

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

INCREASING OF ELECTRO-EROSIVE FIRMNESS AT LOW-VOLTAGE SWITCHING DEVICES

In the article grounded methods of creation ecologically safe composition contact material with the promoted electro-erosive firmness for switching devices. The resource of exploitation, reliability and ecological safety of switching devices is improved due to using in them the new developed contact materials on the basis of silver.

For determination of type of admixtures which improve operating descriptions of contact material, their research was conducted after character of influence on contact properties of material and the choice of certain ingredients pursuant to scientific principles of structural building of composition materials is grounded.

Comparative experimental research of switching devices with serial and experimental contact materials on commutation wearproofness showed that electro-erosive firmness of experimental contact-details in 1,8..2 times is higher, than in serial.

Keywords: switching devices, contact material, contact-detail, commutation wearproofness, electric erosion.

1. Masterov V.A., Saksonov Yu.V. Silver, alloys and bimetal based on it. Spravochnyk. –M.:1979, 295s.

2. Derzhavni sanitarni pravyla ta normy Ukrayiny. # 2.2.7. 029-99. – Dodatok 2, p.22.

3. <http://www.rohs.eu>

4. Mynakova R.V. Composite materials for contacts and electrodes (Review) / R.V. Mynakova, M.L. Hreкова, А.Р. Кресанова, Л.А. Крячко // Poroshkovaya metallurhiya. – 1995. – # 7/8. – S. 32–53.

5. Afonyn M.P. Contact details and contact materials of the compositions of silver-tin oxide. // Elektricheskiye kontakty i elektrody. Trudy Ynstytuta problem materyalovedeniya ym. Y.N. Frantsevycha NAN Ukrayny./ М.П. Afonyn, М.Н. Ovchynnykova. – К.: - 2004. – S. 119–124.

6. Patent Ukrayiny na korysnu model' #47346, MPK C01G 19/00. Sintered material for electrical contact details. / Rad'ko I. P., Shcherbak T. V., Kokhanovs'kyu V. O., Vlasenko Yu. P. – zayavl. 14.08.2009 ; opubl. 25.01.2010, Byul. #2.

7. Patent Ukrayiny na korysnu model' # 49215, MPK C01G 19/00. Sintered bimetallic electrical contact / B. V. Klymenko, I. P. Rad'ko, V. O. Kokhanovs'kyu, V. V. Korobs'kyu; zayavl. 09.10.2009 ; opubl. 26.04.2010, Byul. # 8.

8. Patent Ukrayiny na korysnu model' # 49214, MPK C01G 19/00. Contact pair for circuit breakers. / Klymenko B.V., Rad'ko I. P., Kokhanovs'kyu V. O. – zayavl. 09.10.2009 ; opubl. 26.04.2010, Byul. #8.

УДК 621.316.5:621.762:621.315.5

В.А. Кохановский канд. техн. наук, доцент

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

В статье обоснованы методы создания экологически безопасного композиционного контактного материала с повышенной электроэрозионной устойчивостью для коммутационных аппаратов. Ресурс эксплуатации,

надежность и экологическая безопасность коммутационных аппаратов улучшаются за счет использования в них новых разработанных контактных материалов на основе серебра.

Для определения типа примесей, которые улучшают эксплуатационные характеристики контактного материала, было проведено их исследование по характеру влияния на контактные свойства материала и обоснован выбор определенных ингредиентов, согласно научным принципам структурообразования композиционных материалов.

Данные экспериментальных исследований электроэрозионной устойчивости нового композиционного материала превышают аналогичный показатель серийного материала типа КМК-А10м в 1,8..2 раза.

Ключевые слова: коммутационный аппарат, контактный материал, контакт-деталь, коммутационная износостойкость, электрическая эрозия.

Надійшла 15.01.2015

Received 15.01.2015

O.O. Vovk, R.A. Kravchuk

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

EFFECTIVE MICROORGANISMS

The article deals with one of the modern optimization of integrated approaches to ecologization the supply, namely EM technology.

Given the poor state of the water used for domestic purposes, as well as the fact that a significant percentage of waste water pollution accounted for microbiological contamination and bacterial nature and the need to improve treatment methods, this method is relevant and possible to implement the technology at "Bortnichy" SA. EM technology enables improved water purification system is not only environmental but also economical performance without the use of chemicals.

Key words: effective microorganisms, EM technology, water, microbes, oxygen, aeration.

Humanity made a great step in technological progress. Some materials are gradually being replaced by others. People are looking for new alternative sources to realize their needs. They have to correspond with the following requirements: low cost, high quality, safety, convenience, co-existence, co-prosperity, exchange of information, and sustainability. Scientists had found a raw material that combines all of these qualities - microorganisms.

Microorganisms (bacteria, microscopic fungi, protozoa and others) play one of the main roles in the biosphere and human economic activity. Amazing variations of the size and functions of microorganisms are allowed them to be use in almost all industrial ways. The city waste and water pollution lead to a whole bunch of problems connected with the citizen's health and the environment. In Kiev the household water is been purified by «Bortnichy» SA, but the results are not satisfactory at the moment. The sanitary and hygienic characteristics of the purified water which is dumped into Dnepr exceed all limits. The allowed concentrations of the pollutants are achieved by multiple dilutions by the fresh water of the river. The amount of sewage which is formed during the purification process at «Bortnichy» SA is overstocked the slit platforms. This might cause the dam breakthrough, which will cause unpredictable problems for the environment. That's why it is necessary to find a new way of water purification.

Potable water is a major factor of the person's health. Almost all of its sources are exposed to anthropogenic and technogenic influence of different intensity. The problem of potable water quality has existed in very many aspects of life during the whole human history. Now potable water is social, political, medical, geographical, and also engineering and economic problem. The concept "potable water" was generated rather recently and it can be found in laws and the legal certificates devoted to drinking water supply. Potable water is the water that has to meet the quality standard requirements and intended for drinking and household needs of the person or for manufacture of food production in natural state or after processing (purification, disinfecting). It is a question of requirements to set of properties and water structure at which it does not render adverse influence on health of the person both at the use inside, and at use in the hygienic purposes, and also by