УДК 621.3.066.5/6:636 DOI 10.31548/energiya2019.05.116

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОСЛІДНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МІДІ

В. В. Коробський, кандидат технічних наук, доцент

Р. П. Ковальчук, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: kor.vladlen.2002@gmail.com

Анотація. *Наведено вимоги щодо технічного обслуговування та ремонту електромагнітних пускачів з використанням розроблених контактних матеріалів основі міді з домішками металів та інших термодинамічно стійких з'єднань.*

Розроблено технологію ремонту та наведено основні складові технології виготовлення контактів методом порошкової металургії. При відновленні контактів пускачів типу ПМЛ було застосовано установку для паяння-зварювання контактів методом електроопору та метод індукційного нагрівання. Для технологічного процесу використовувалося спеціальне обладнання: машина контактного зварювання типу МТР 2402 та установка струмів високої частоти типу ВЧИ 2. Для зварювання застосовуються тверді припої на основі міді типу МФСу. Здійснено підбір орієнтовних режимів та норми часу зварювання та паяння контактів на спеціалізованому обладнанні.

Проведено дослідження показників надійності пускача за електроерозійним зношуванням та визначенням перехідного контактного опору. За результатами досліджень побудовані залежності електроерозійного зносу дослідних контакт-деталей із різних матеріалів для контактної системи пускачів типу ПМЛ залежно від кількості комутацій. При визначенні перехідного контактного опору відновлених контактів використовувався метод амперметра-вольтметра. Масив даних по спаду напруги оброблявся з використанням методів математичної статистики із застосуванням програми «Statistika».

За результатами дослідження можна констатувати, що для композиційних контактних матеріалів, з яких виготовляють контакт-деталі з необхідними службовими властивостями, придатний композиційний матеріал на основі міді, складовими якого виступають метали, оксиди та термодинамічно стійкі з'єднання.

Ключові слова: ***надійність, технічне обслуговування, ремонтний цикл, міжремонтний період, контактна система, контакт-деталь, контактний матеріал, електроерозійне зношування, перехідний опір, провал, хід контактів, контактний натиск, опір ізоляції***

Актуальність. Надійність роботи комутуючого пристрою пускача на стадії експлуатації, в значній мірі, визначається правильністю вибору матеріалу контакт-деталей. Але не тільки цим показником. В умовах експлуатації необхідно стежити за станом пускачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Методи перевірки і регулювання допомагають виявити недоліки і дефекти. Основними параметрами пускачів, які потрібно контролювати, є: провал, хід контактів, контактний натиск та опір ізоляції. Тому пускачі підлягають періодичній перевірці, регулюванню, налагоджуванню та ремонтуванню згідно системи планово-запобіжних ремонтів та технічного обслуговування [1, 2] (табл. 1 і 2).

Мета дослідження – забезпечення підвищення експлуатаційної надійності електромагнітних пускачів за рахунок проведення технічного обслуговування та ремонту і відновлення контактів із застосуванням розроблених контактних матеріалів.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження були взяті контакти, виготовлені на основі міді з домішками металів та інших термодинамічно стійких з'єднань [3]:

1. 78%Cu+15%Mo+3%MoO_3+3%C+1,0%Ni [4].
2. 83,5%Cu+15%Nb+1,0%Zr+0,5%Y_2O_3 [5].
3. 81,3%Cu+10%Cr+3%TiB_2+3%Nb+2%C+0,7%Zr [6].

Отримання контактного матеріалу здійснювалося методами порошкової металургії (табл. 3). У процесі ремонту та відновлення контактів використано метод електроопору та метод індукційного нагрівання.

1. Періодичність технічного обслуговування і поточних ремонтів електромагнітних пускачів

Місце встановлення пускачів	Періодичність, міс.	
	технічного обслуговування	поточних ремонтів
У сухих і вологих приміщеннях	3	24
У вологих і запилених приміщеннях	2	18
У приміщеннях особливо вологих і з хімічно агресивним середовищем	1	12
На відкритому повітрі і під навісом	1	12

2. Тривалість ремонтного циклу і міжремонтного періоду комутаційних апаратів

Апарат, умови і режими роботи	Тривалість	
	ремонтного циклу, $T_т$, роки	міжремонтного періоду, $t_т$, міс.
Вимикачі автоматчні: -універсальні -встановлювальні	 6 5	 12 12
Пускачі електромагнітні	5	6
Контактори	7	12

3. Складові технології виготовлення контактів методом порошкової металургії

Технологічні операції	Обладнання, прилади, нормативні документи
1. Набір в певному масовому співвідношенні дисперсних порошків таких матеріалів: – міді "ПМС" – хрому – ніобію – цирконію – графіту – боріду титану – молібдену – оксиду ітрію – оксиду молібдену	 ТУ 48-21-729-81 ТУ 14-1-1474-75 ГОСТ 26252-84 ТУ 48-4-234-84 ТУ 48-20-109-88 ТУ 88 УССР 147 006-77 ТУ 48-30-110-75 ТУ 15-2-1498-82 ТУ 48-5-149-78
2. Попереднє розмелювання і просіювання порошків	Атрітор, стальні кульки d= 5…6 мм
3. Приготування механічної суміші з вищезгаданих порошків	Стальний барабан об'ємом $20x10^3$ $см^3$; стальні кульки, d= 15 мм
4. Пресування контактів із зусиллям 100 МПа	Прес марки КБ0624
5. Спікання порошків при ступінчатому підвищенню температури до 280…300 °С; 450…500 °С; 700…750 °С з витримкою часу 30 хвилин	Електропіч типу СНЗ - 4,8×2,5/10
6. Повторне допресування з зусиллям 500 МПа	Прес марки КБ0624
7. Остаточне спікання при температурі 960…1000 °С протягом 1 год. Середовище спікання - водень	Електропіч типу СНЗ - 4,8×2,5/10; Термометр електричний ТУ 25-02.1560-76; Манометр показуючий МТ-3 ТУ 25-02.72-75

Обробка експериментальних даних електроерозійних досліджень відновлених контактів проведена за методикою, що викладена в роботах [7]. Для вимірювання перехідного опору зварного з'єднання контактів використано метод амперметра-

вольтметра. Масив даних по спаду напруги оброблявся з використанням методів математичної статистики із застосуванням програми «Statistika».

Результати досліджень та їх обговорення. Технічне обслуговування електромагнітних пускачів кожного типу проводиться за інструкціями з експлуатації. Для забезпечення необхідних показників експлуатаційної надійності необхідно виконувати такі заходи:

а) залежно від умов експлуатації проводити періодичні огляди (не рідше одного разу в місяць), при цьому при відключеній напрузі в головному і допоміжному колах очистити пускач від пилу, бруду, кіптяви та корозії і перевірити:

– зовнішній вигляд пускача, стан дугогасної камери, магнітопроводу, контактів;

– впевнитись, що контактування відбувається по композиційним контактним накладкам, а не по матеріалу контактотримачів;

– стан приєднувальних проводів;

– відсутність перекосів рухомих частин (траверси) пускача (руками);

– стан затягнення гвинтів, гайок;

б) перевірити провал контактів, котрий повинен бути не менше 0,5 мм; при провалі менше 0,5 мм - експлуатація не рекомендується; потрібно стежити, щоб зношування контактів відбувалося рівномірно по всій робочій поверхні, перекошування контактів не допускається;

в) контакти з композиційного матеріалу спеціального догляду не вимагають, після зношування їх замінюють новими (запасними, відремонтованими). У випадку сильного зношування головних контактів однієї із фаз порівняно з головними контактами інших фаз потрібно поміняти їх місцями; перевірити неодночасність замикання контактів, яка не повинна перевищувати 0,5 мм.

На теплові характеристики контактних систем, в значній мірі, впливають питомий електричний опір матеріалу контакту, густина контактного матеріалу тощо, які, в свою чергу, залежать як від складу контактного матеріалу, так і від технології його виготовлення.

Основні складові технології виготовлення контактів методом порошкової металургії наведено в табл. 3.

Проведені нами дослідження показали можливість використання розроблених спечених контактних матеріалів на основі міді при відновленні контактних систем пускачів. Відновлення контактів проводиться шляхом зварювання або паяння твердими припоями на машинах контактного зварювання зі струмами 8…24 кА. Перед відновленням знімають зношені контакт-деталі, зачищають та знежирюють поверхні контактотримачів хлористим вуглецем.

З метою запобігання окисленню поверхні необхідно, не пізніше 48 годин, піддавати контакти відновленню.

Складові технологічного процесу ремонту та відновлення контактних систем пускачів наведено в табл. 4.

Ширина плоских контактотримачів пускачів типу ПМЛ не повинна бути більша діаметра контакту на 0,5 мм, відношення товщини контактотримача до діаметра контакт-деталі складає не менше 0,5 - 0,8.

Для зварювання застосовуються тверді припої на основі міді типу МФСу 92-6-2 згідно ТУ48-21-584-77 з флюсом 209 згідно ТУ48-4-323-75 у вигляді фольги товщиною до 0,1 мм.

Також застосовують припої з підвищеним питомим опором, які вміщують до 40 - 60 % флюсу з порами, а решта - матеріал припою. Такий склад призводить до миттєвого розплавлення припою та випаровування флюсу. Припій для зварювання застосовується у вигляді фольги товщиною до 0,1 мм чи порошку з розмірами частинок 50 - 315 мкм або 315 - 630 мкм у суміші з порошкоподібним флюсом (співвідношення припою до флюсу в суміші по об'єму - 4:1). Суміш припою та флюсу необхідно зберігати в скляній герметичній посудині - ексикаторі.

Електроди зварювальної машини і контакт-деталі мають приблизно однаковий питомий опір, що створює труднощі при зварюванні, тому необхідно значно збільшити температуру в зоні контактотримача. В зв’язку з цим поверхню, яка підлягає зварюванню, лудять і виготовляють рельєфною з глибиною канавки 0,05 - 0,1мм.

4. Складові технології ремонту та відновлення контактних систем пускачів

Технологічні процеси ремонту	Обладнання, пристосування та матеріали
1. Штамповка контактотримачів із листової латуні типу Л68 товщиною 2 мм та бронзи Бр1	Прес кривошипний з відкритою станиною типу К-2324, номінальна сила стискування 250 кН
2. Підготовка поверхонь контактів і контактотримача до пайки-зварювання - очищення робочої поверхні від бруду, оксидів, виступів; - хімічне обезжирювання; - лудіння, товщина нанесеного припою 0,02 - 0,03 мм; - нанесення рельєфних канавок глибиною 0,05 - 0,12 мм з відстанню між ними 1 мм	Надфіль плоский 80 №2 ГОСТ 1513-67; Розчин 75 г сірчаної кислоти в 1000 мл води; Припій МФСу; Паяльник електричний; Пристосування
3. Нарізування необхідних розмірів пластинок із листового мідно-фосфористого припою товщиною 0,1 мм	Ножиці для різання металу
4. Зварювання та його параметри: - тиск між зварювальними контактними поверхнями; - сила струму; - час зварювання	Машина точкового контактного зварювання типу МТР 2402; 20 - 40 кПа 8 - 24 кА 1 - 5 с
5. Перевірка якості зварювання	Вимірювання перехідного опору зварного з'єднання методом амперметра-вольтметра
6 Механічна обробка контакт-деталей	Металорізальні верстати, напилки
7. Встановлення контакт-деталей на пускач та регулювання їх параметрів: - контактний натиск - провал контактів - розхил контактів -площа прилягання	Штангенциркуль Набір щупів №5 Копіювальний папір
8. Консервація робочих поверхонь контактів	Розчин 20 г стеаринової кислоти та 980 мл трихлоретилена

Рівномірність нагрівання досягається за рахунок підбору форми електродів зварювальної машини. Нижній електрод повинен мати рівну поверхню, площа поверхні якого складає 40 - 50 мм^2, верхній електрод - заточений на конус з розмірами поверхні, яка контактує, 6х6 мм. Тиск на електродах зварювальної машини повинен бути в межах 20 - 40 кПа. При паянні з метою забезпечення більш швидкого нагрівання припою і контактотримача, контактотримач кладуть на нижній електрод, а на неї контакт-деталь.

Установка для паяння контактів методом електроопору укомплектована регулятором циклу зварювання. Залежно від розмірів контактів для паяння

потужність силової зварювальної частини повинна бути в межах 20 – 80 кВА, максимальне зусилля стискання електродів 150 – 200 Н, межа регулювання вторинної напруги складає 1,5 - 9 В, межа регулювання струму паяння – 2 – 20 кА.

Пайку проводять за один робочий цикл зварювальної машини. Внаслідок цього утворюється пропаяна ділянка контакту з високою механічною міцністю (зусилля зрізу по паяному шву – не менше 60 % міцності самої контакт-деталі) та електропровідністю між контакт-деталлю та контактотримачем. Площа пропаювання повинна досягати не менше 80 % всієї площі дотику.

Контроль якості проводиться на всіх стадіях технологічного процесу. Якість припоїв та флюсів повинні відповідати технічним умовам та вимогам. Показником якісної пайки, який оцінюється за зовнішнім виглядом, необхідно вважати заповнення з'єднувального зазору розплавленим припоєм. Сумарна довжина непропаяних ділянок не повинна перевищувати 20 % від периметру паяння. Орієнтовні режими зварювання та паяння контактів пускачів наведені в табл. 5.

Оскільки надійність пускачів з відновленими контактами передбачає збереження в часі параметрів, які характеризують властивість пускачів виконувати свої функції у всіх передбачених режимах і в жорстких умовах експлуатації (умови середовища технологічних тваринницьких приміщень), то були проведені дослідження показників надійності пускача на електроерозійне зношування та визначення перехідного опору. За результатами досліджень побудовані залежності електроерозійного зносу дослідних контакт-деталей із зазначених вище матеріалів для пускачів ПМЛ (рис. 1, 2).

5. Орієнтовні режими і норми часу зварювання та паяння контактів на спеціалізованому обладнанні методом електроопору(машина МТР 2402) та методом індукційного нагрівання (установка СВЧ – ВЧИ 2)

Тип пус-кача	Діаметр контакт-деталі, мм	Матеріал		Режим зварювання (МТР 2402)					Норма часу, людино-годин	-
		контакт-деталі	контакто-тримача	зварю-вальний струм, кА	зусилля стиску-вання, Н	тривалість витримки на регуляторі циклу зварювання (РЦЗ), с				
						стиску-вання	зварювального імпульсу	проко-вування		
ПМЛ 1100	4,0	Cu-Nb-Zr-Y_2O_3 Cu-Cr-TiB_2-Nb-C-Zr	Л 68 Бр 1	4±1	100±25	0,2	0,5	0,1	0,0008	-
ПМЛ 2100	5,0	Cu-Nb-Zr-Y_2O_3 Cu-Cr-TiB_2-Nb-C-Zr	Л 68 Бр 1	6±1	100±50	0,3	1,5	0,1	0,0008	-

Тип пус-кача	Діаметр контакт-деталі, мм	Матеріал		Режим паяння на ВЧИ 2-100/0.066 У4					Норма часу, людино-годин	Кількість деталей в індукторі
		контакт-деталі	контакто-тримача	тривалість нагрівання, с	струм аноду, А	напруга на аноді, В	поту-жність, кВт	тривалість такту, с		
ПМЛ 1100	4,0	Cu-Nb-Zr-Y_2O_3 Cu-Cr-TiB_2-Nb-C-Zr	Л 68 Бр 1	10	9	7,5	60	4,2	0,0012	6
ПМЛ 2100	5,0	Cu-Nb-Zr-Y_2O_3 Cu-Cr-TiB_2-Nb-C-Zr	Л 68 Бр 1	16	9	7,5	60	8,0	0,0012	6

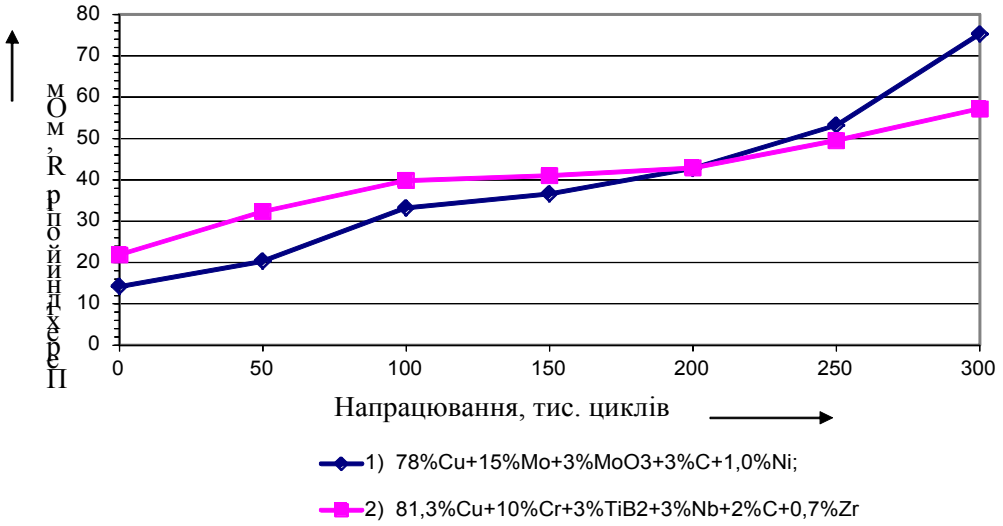

Рис. 3. Залежність перехідного опору контактів пускачів ПМЛ-1100 Ох4 з дослідними контактами.

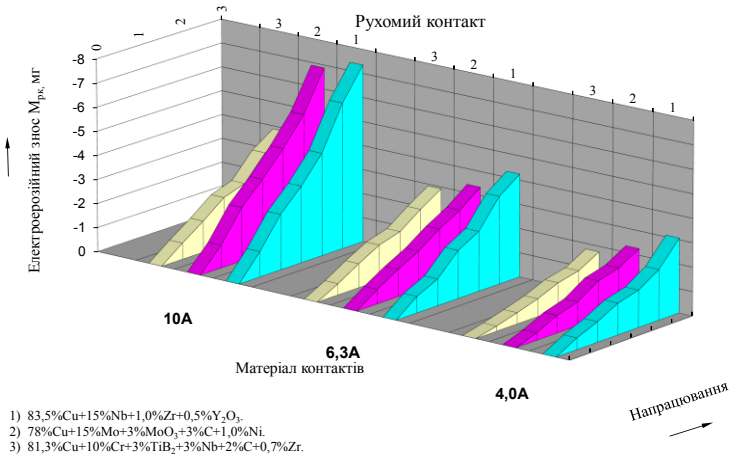

Рис. 2. Залежність електроерозійного зносу дослідних рухомих контакт-деталей (мостиків) пускачів.

Проведені випробування дослідних контактів щодо електроерозійного зношування показують, що для відновлених контактів на основі міді закон електроерозійного зношування зберігається, тобто лінійний, але зростає коефіцієнт

інтенсивності електроерозійного зношування на 15 – 30 %, як випливає з графіків. Це явище пояснюється тим, що при дії дуги окислення мідних контактів вище, ніж в серійних, і коефіцієнт теплопровідності дослідних матеріалів нижчий, ніж в матеріалів на основі срібла, що призводить до великих локальних перегрівань міді. Можна констатувати, що в дослідних контактах величина обгоряння більша і на робочій поверхні більше проявляються сліди ерозії матеріалу, але контакти витримують необхідне струмове навантаження, що свідчить про якісне зварне з'єднання контакт-деталі з контактотримачем.

Перехідний опір дослідних контактних пар визначався на кожному полюсі головного кола пускача. У результаті обробки отримані експериментальні залежності перехідного контактного опору від кількості циклів комутації, які наведені на рис. 3. Ці залежності апроксимувались поліномом першого степеню, в результаті були визначені такі вирази для математичного очікування контактного опору:

– для матеріалу 78%Cu+15%Mo+3%MoO_3+3%C+1,0%Ni:

$$R_c(n) = 14{,}22 + 0{,}191 \cdot n\,, \tag{1}$$

середньоквадратична похибка апроксимації E_c=2,141;

– для матеріалу 81,3%Cu+10%Cr+3%TiB_2+3%Nb+2%C+0,7%Zr:

$$R_д(n) = 21{,}84 + 0{,}128 \cdot n\,, \tag{2}$$

– середньоквадратична похибка апроксимації E_c=1,855.

Дослідженнями з визначення контактного опору дослідних контактів встановлено, що початкове значення перехідного опору контактів зростає із збільшенням часу витримки і кількості циклів комутації. Опір відновлених контактів збільшується майже в 3 - 5 рази порівняно з початковим, але зростає повільніше, ніж у срібловмістких контактних матеріалів. Оксидні плівки міді, як

відомо, утворюються і при кімнатній температурі і товщина їх досягає не більше 5 мкм. Подібна плівка захищає мідь від подальшого окислення киснем і стабілізує контактний опір.

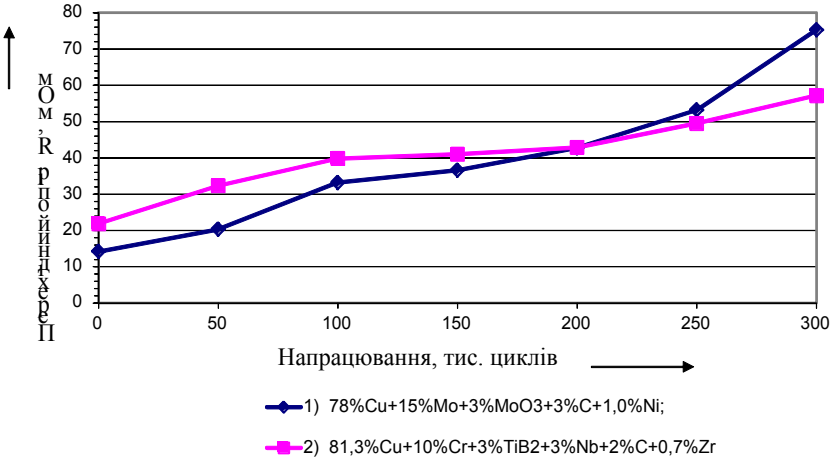

Рис. 3. Залежність перехідного опору контактів пускачів ПМЛ-1100 Ох4 з дослідними контактами.

Висновки і перспективи.

1. Результати експериментальних досліджень контактів пускачів дозволили виявити основні фізико-хімічні властивості матеріалу контактів, які впливають на показники надійності комутуючих пристроїв пускачів. Для композиційних контактних матеріалів з необхідними службовими властивостями придатний композиційний матеріал на основі міді, складовими якого виступають такі метали, оксиди та термодинамічні з'єднання: Mo, MoO_3, C, Ni, Nb, Zr, Y_2O_3, Cr, TiB_2.

2. Експлуатаційну надійність електромагнітних пускачів можна забезпечити за рахунок проведення технічного обслуговування, ремонту та відновлення контактів із застосуванням розроблених контактних матеріалів. Сам технологічний процес відновлення можна здійснити з використанням спеціалізованого обладнання методом електроопору(машина контактного зварювання типу МТР 2402) та методом індукційного нагрівання (установка СВЧ типу ВЧИ 2).

3. Електроерозійна стійкість композиційних матеріалів на основі міді поступаються срібловмістким на величину 15 – 30 %, але динаміка збільшення величини перехідного опору дослідних контактів нижча (в 2 - 3,5 рази), стабільніший контактний опір на відміну від серійних, для яких зафіксовано зростання величини опору в 5 - 7 разів, при роботі пускачів в середовищі з хімічно активними реагентами.

Список літератури

1. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий / Госагропром СССР. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 191 с.

2. Таран В. П. Диагностирование электрооборудования / В. П.Таран. – К.: Техника, 1983. – 200 с.

3. Korobskyi V. V. New aspects of creation of environmentally friendly composite materials for contact systems of electric equipment in the agriculture sector: 2018. 11 th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-11) / V.V.Korobskyi, A.M.Mrachkovskyi // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – Ivano–Frankivsk (Ukraine), May 21-25, 2018. – P. 35.

4. Пат. 1792445 А3 СРСР, МКИ^5 С 22 С9/00, Н 01 Н 1/02. Спечений матеріал для електричних контактів на основі міді / Братерська Г.М., Коханівський С.П., Донцова Т.О., Наливайко В.А., Коробський В.В., Мрачківський А.М. (СРСР); заявник УСГА. – №5009871/02; заявл. 03.07.1991; опубл. 30.01.1993, Бюл. №4, 1993 р.

5. Пат. 1790821 СРСР, МКИ^5 Н 01 Н 1/02, С 22 С 9/00. Спечений електроконтактний матеріал на основі міді / Братерська Г.М., Коханівський С.П., Донцова Т.О., Наливайко В.А., Сагач М.Ф., Коробський В.В. (СРСР); заявник УСГА і ІПМ АН УРСР. – заявл. 22.05.1991. (для службового користування). Відкритим друком не опубліковано.

6. А.с. №1677723 СРСР, МКИ^5 Н 01 Н 1/02, С 22 С9/00. Спечений матеріал на основі міді для електричних контактів /Донцова Т.О., Братерська Г.М., Коханівський С.П., Наливайко В.А., Коробський В.В., Григорьев А.А. (СРСР); заявник УСГА. – №4755177/02; заявл. 01.11.1989; опубл.15.09.1991, Бюл. №34. – 2 с.

7. Коробський В.В. Експериментальні дослідження ерозійного зносу серійних контакт-деталей пускачів як функція кількості комутацій / В.В.Коробський // Наук. вісн. НУБІП України. Серія "Техніка та енергетика в АПК".– 2013. – Вип. №184, ч. 1. – С. 181 – 187.

References

1. Sistema planovo-predupreditelnogo remonta i tehnicheskogo obsluzhivaniya elektrooborudovaniya selskohozyaystvennyih predpriyatiy. [The system of preventive

maintenance and maintenance of electrical equipment of agricultural enterprises]. (1987). Moscow: Gosagroprom SSSR.

2. Taran, V.P. (1983). Dyahnostyrovanye elektrooborudovanyia. [Diagnostics of electrical equipment]. Kyiv: Tekhnyka, 200.

3. Korobskyi, V.V.. Mrachkovskyi, A.M. (2018). New aspects of creation of environmentally friendly composite materials for contact systems of electric equipment in the agriculture sector: 11 th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-11). Molecular Crystals and Liquid Crystals. Ivano–Frankivsk (Ukraine), 35.

4. Braterskaya, G.M., Kochanovsky, S.P., Dontsova, T.O., Nalyvayko, V.A., Korobskiy, V.V., Mravchkovskiy, A.M. Spechenyi material dlia elektrychnykh kontaktiv na osnovi midi. [Sintered material for electrical contacts on the basis of copper]. Patent of the USSR, no. 1792445 A3, MKI5 C 22 C9 / 00, H 01 N 1/02. The applicant of the USHA. No. 5009871/02; stated. July 3, 1991; has published Jan 30, 1993, Bul. No. 4, 1993.

5. Braterskaya, G.M., Kochanovskiy, S.P., Dontsova, T.O., Nalyvayko, V.A., Sagach, M.F., Korobskiy, V.V. Spechenyi material dlia elektrychnykh kontaktiv na osnovi midi. [Sintered electrocontact material based on copper]. Patent of the USSR, no. 1790821, MKI5 N 01 N 1/02, C 22 C 9/00. The applicant of USHA and IPM of the Academy of Sciences of the USSR. – stated. May 22, 1991 (restricted). Open print not published.

6. Dontsova, T.O., Braterskaya, G.M., Kochanovskiy, S.P., Nalyvayko, V.A., Korobskiy, V.V., Grygorev, A.A. Spechenyi material na osnovi midi dlia elektrychnykh kontaktiv [Sintered copper-based material for electrical contacts]. A.s. of the USSR, no. 167723, MKI5 N 01 N 1/02, S 22 S9/00. The applicant of the USHA. – No. 4755177/02; stated. November 1, 1989; has published September 15, 1991, Bul. No. 34, 1991.

7. Korobskiy, V.V. (2013). Eksperymentalni doslidzhennia eroziinoho znosu seriinykh kontakt-detalei puskachiv yak funktsiia kilkosti komutatsii. [Experimental researches of erosion wear of serial contact parts of starters as a function of the quantity of commutation]. Nauk. visn. NUBIP Ukrainy. Seriia "Tekhnika ta enerhetyka v APK", 184 (1), 181 – 187.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНТАКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ

В. В. Коробский, Р. П. Ковальчук

Аннотация. *Приведены требования по техническому обслуживанию и ремонту электромагнитных пускателей с использованием разработанных контактных материалов основе меди с примесями металлов и других термодинамически устойчивых соединений.*

Разработана технология ремонта и приведены основные составляющие технологии изготовления контактов методом порошковой металлургии. При восстановлении контактов пускателей типа ПМЛ было применено установку для

пайки-сварки контактов методом электросопротивления и метод индукционного нагрева. Для технологического процесса использовалось специальное оборудование: машина контактной сварки типа МТР 2402 и установка токов высокой частоты типа ВЧИ 2. Для сварки применяются твердые припои на основе меди типа МФСу. Осуществлен подбор ориентировочных режимов и нормы времени сварки и пайки контактов на специализированном оборудовании.

Проведено исследование показателей надежности пускателя по электроэрозионному износу и определению переходного контактного сопротивления. По результатам исследований построены зависимости электроэрозионного износа исследовательских контакт-деталей из различных материалов для контактной системы пускателей типа ПМЛ в зависимости от количества коммутаций. При определении переходного контактного сопротивления восстановленных контактов использовался метод амперметра-вольтметра. Массив данных по спаду напряжения обрабатывался с использованием методов математической статистики с применением программы «Statistika».

По результатам исследования можно констатировать, что для композиционных контактных материалов, из которых изготавливают контакт-детали с необходимыми служебными свойствами, пригоден композиционный материал на основе меди, составляющими которого выступают металлы, оксиды и термодинамически устойчивые соединения.

Ключевые слова: ***надежность, техническое обслуживание, ремонтный цикл, межремонтный период, контактная система, контакт-деталь, контактный материал, электроэрозионный износ, переходное сопротивление, провал, раствор контактов, контактное давление, сопротивление изоляции***

MAINTENANCE AND TECHNOLOGY OF PRODUCING CONTACTS OF ELECTROMAGNETIC STARTERS USING RESEARCH CONTACT MATERIALS BASED ON COPPER

V. Korobsky, R. Kovalchuk

Abstract. *The requirements for the maintenance and repair of electromagnetic starters using developed contact materials based on copper with impurities of metals and other thermodynamically stable compounds are given.*

The repair technology has been developed and the main components of the technology for manufacturing contacts by powder metallurgy are described. When restoring the contacts of PML starters, an installation was used for soldering and welding of contacts by the electric support method and the method of induction heating. Special equipment was used for the technological process: a resistance welding machine of the MTP 2402 type and installation of high-frequency currents of the RFI type 2. For welding, brazing alloys based on copper of the MFSu type are used. The selection of approximate modes and norms of time of welding and soldering of contacts on specialized equipment was carried out.

A study of the reliability indicators of the starter for electrical discharge erosion and the determination of transient contact resistance. Based on the results of the research, the dependences of the electroerosive wear of the research contact parts from various materials for the contact system of PML starters depending on the number of switching are constructed. When determining the transient contact resistance of the restored contacts, the ammeter-voltmeter method was used. An array of voltage drop data was processed using mathematical statistics methods using the «Statistika» software.

According to the results of the study, it can be stated that for composite contact materials from which contact details with the necessary service properties are made, a composite material based on copper is suitable, the components of which are metals, oxides, and thermodynamically stable compounds.

Key words: ***reliability, maintenance, repair cycle, overhaul period, contact system, contact part, contact material, electrical erosion, transition resistance, contact failure, contact solution, contact pressure, insulation resistance***