Наклонное дискретное оребрение, свободная конвекция, теплоперенос, тепловая эффективность оребрения.

The new types of fins on the flat surfaces for conditions of free convection are proposed. The using of new types of fins improves overall and mass characteristics of heat-exchange equipments, which are used in the conditions of natural convection. For vertical surfaces with sloping discrete fins a mathematical model is developed and numeral calculations are conducted. Local and integral characteristics of the surfaces with sloping discrete fins are found. Comparison of the found results with data for flat parallel continuous and discrete fins is conducted. It is determined that application of discrete sloping fins in 1,5–2,5 time promotes his thermal efficiency as compared to continuous and discrete vertical parallel fins.

Sloping discrete fins, free convection, heat transfer, thermal efficiency of fins.

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 щодо 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.

Нині актуальною проблемою в аграрному виробництві є вдосконалення ремонту комутаційних апаратів та забезпечення екологічно-безпечної їх експлуатації.

Методи відновлення контакт-деталей електричних апаратів, що застосовувалися раніше, не враховували особливостей формування і будови плазмових покриттів.

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

Матеріали та методика досліджень. Електромеханічні апарати з контактними комутаційними елементами становлять 90 % актуального ринку комутаційних апаратів завдяки вагомим перевагам над апаратами з напівпровідниковими комутаційними елементами (глибина комутації, пе-

© І. П. Радько, 2012

ревантажувальна 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 на годину.

У магнітних пускачах типу ПМЕ, ПМА, ПМЛ, ПМ-12 застосовується 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 °С розкладається на кадмій та кисень і при температурі 1559 °С сублімує 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, які небезпечні для здоров'я людини [2].

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

Згідно з міждержавним стандартом [4], де наведено загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони, середньозмінна гранично допустима концентрація кадмію та його сполук встановлена на рівні 0,01 $\frac{мг}{м^3}$, 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 навколишнього середовища, що регулює використання хімічних речовин, зобов'язує уряди країн вживати 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 нетоксичні, безумовно є актуальною для України.

Численні дослідження [1] 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 (SnO_2) 8,10,12 % маси в останні роки знаходять все більш широке застосування 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 у оксиду кадмію. Так, температура плавлення (SnO_2) 1900 ºС, при якій (SnO_2) не розкладається на олово і кисень. Зона плавлення робочої поверхні дугою мала, оскільки температура кипіння (SnO_2) становить 2273 ºС.

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 екологічнобезпечних матеріалів з підвищеною зносостійкістю, на які отримано патенти України.

Розроблено екологічно безпечний та ерозійностійкий композиційний контактний матеріал з такими інгредієнтами : 82 %мас Ag + 11,5мас SnO_2 + 4 %мас In_2O_3+ 2 %масZn + 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 ($\rho=4\cdot10^4$ 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 ($T_{плавл.}$=1470 ºС) 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 нагору 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 графіку показана залежність 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.

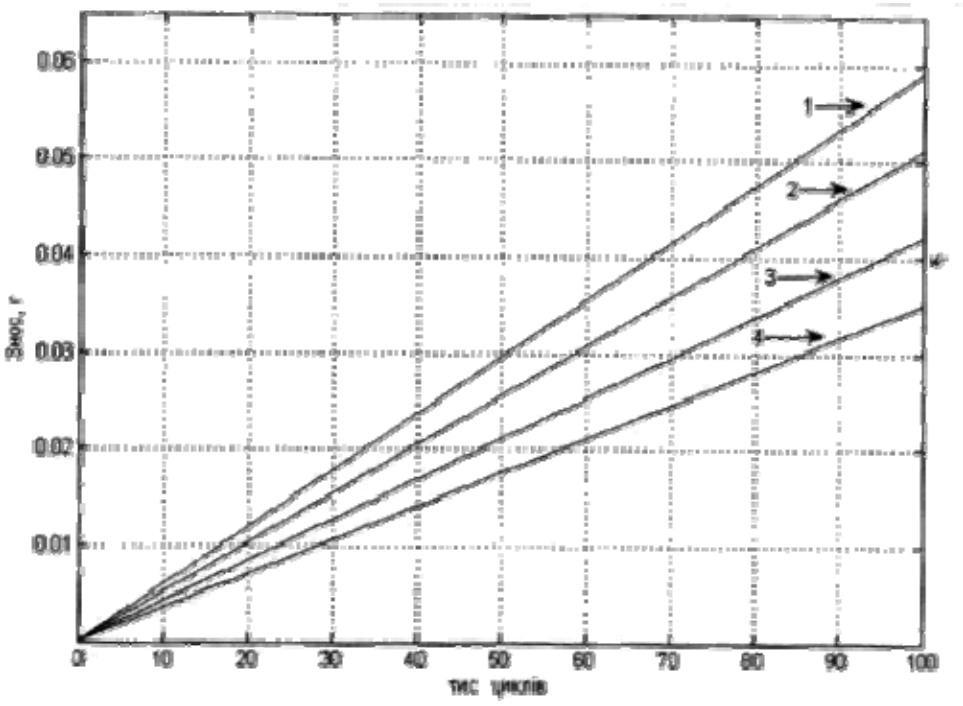
Як видно із графіка електрична ерозія контактів зростає лінійно залежно від кількості циклів комутацій.

Знос серійних контактів типу КМК-А10м за $1\cdot10^5$ циклів комутацій дорівнює 30 мг.

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

Знос дослідного зразка Ag+11,5%мас SnO_2 +4 %мас In_2O_3+0,5 % мас WO_3 становить 18 мг.

Висока електроерозійна стійкість досягається за рахунок введення оксиду вольфраму, що покриває частинки SnO_2 і створює волокнистість розплавленого срібла. Також введення оксиду індію дозволяє рівномірно розподілити дрібнозернисті оксиди олова в срібній матриці.



Електрична ерозія серійних і дослідних зразків контакт-деталей магнітного пускача ПМЛ-3121 04Б залежно від числа циклів комутацій і складу композиційного контактного матеріалу:

1 – серійні контакт-деталі КМК-А10мд; 2 – дослідний зразок Ag-11,5 %мас SnO_2 ; 3 – дослідний зразок Ag-11,5 %мас SnO_2-4 %мас In_2O_3- 0,5 %мас WO_3; 4 – дослідний зразок Ag -11,5 %мас SnO_2 – 4 %мас In_2O_3-2 %масZn - 0,5 %мас WO_3

Знос дослідного зразка Ag +11,5 %мас SnO_2 + 4 %мас In_2O_3+ 2 %масZr+ 0,5 %мас WO_3 становить 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 зношених поверхонь контакт-деталей новими композиційними матеріалами, які підтверджено патентами України №18931, 47346, 49215 та 93778 дозволило підвищити електроерозійну стійкість у 1,6–2,0 рази у порівнянні із серійними типу КМК-А10м.

Результати досліджень. Використання в матеріалі контакт-деталей на основі срібла, малотоксичної добавки оксиду олова замість токси-

чного оксиду кадмію, що належить до першої групи токсичності, значно підвищить рівень екологічної чистоти матеріалу, а сумісне введення у композитний матеріал таких малотоксичних інгредієнтів як оксиди олова та індію, вольфраму та металу цирконію значно підвищать електроерозійну стійкість, надійність контактування та суттєво зменшать 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 зі 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 // Труды Института материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины. – 2006. – С. 153–160.
2. Державні санітарні правила та норми України. № 2.2.7. 029-99. Додаток 2, п.22. // Збірник важливих офіційних матеріалів санітарних і протиепідемічних питань. – Т.V, ч. 3. – К.: МОЗ України, 1999. – 41 с.
3. Мастеров В.А. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе: справочник / В.А. Мастеров, Ю.В. Саксонов– М.: Металлургия, 1979. – 295с.
4. Общие санитарно-гигиенические требование к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88. – [Чинний від 01–01–1989]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 48 с.
5. Пат. на корисну модель 18931 Україна. 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. 21.06.2006; 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 г.).
7. http://www.inmet.gliwice.pl.

Представлены результаты исследований использования в контакт-деталях на основе серебра малотоксичной добавки оксида олова взамен 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 behaves to the first group of toxicness.

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

УДК 536(075.8)

АНАЛІЗ ОКРЕМИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНТРОПІЇ

Б.Х. Драганов, доктор технічних наук
Н.В. Чепурна, кандидат технічних наук

Наведено узагальнений аналіз окремих закономірностей ентропії, пов'язаних із статистичною та нерівноважною термодинамікою.

Статистична фізика, теорія інформації, рівноважний (нерівноважний) стан, ізоморфізм.

Розглянемо закономірності в фазовому просторі. Стан системи прийнято позначати точкою в фазовому просторі, характеристики якої позначаються через *q* і *p*. Еволюція стану системи в функції часу прийнято визначати за допомогою функції Гамільтона $H = p(q, p)$. Зазначимо, що гамільтонова функція використовується в класичному варіаційному обчисленні для подання ейлерівського рівняння руху механічних систем у канонічній формі.

Величини *q* і *p* задовольняють рівняння руху:

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p}, \dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q}. \quad (1)$$

Введемо узагальнений вектор струму в фазовому просторі $\dot{J} = (\dot{q}, \dot{p})$. З рівняння (1) випливає, що

$$div\dot{I} = \frac{\partial \dot{q}}{\partial q} + \frac{\partial \dot{p}}{\partial p} \equiv 0, \quad (2)$$

тобто фазова рідина не стискається [1].

Мета досліджень – визначення закономірності ентропії в рівноважних і нерівноважних системах.

Результати досліджень. Диференціальною формою закону збереження числа часток є рівняння безперервності в фазовому просторі:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + div(Jf) = 0,$$

або, з урахуванням умов,

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \dot{q}\frac{\partial f}{\partial q} + \dot{p}\frac{\partial f}{\partial p} = 0, \quad (3)$$

© Б.Х. Драганов, Н.В. Чепурна, 2012