

УДК 385.00: 621.791: 620.178

О.С. БОГАТОВ¹, А.М. СТЕПАНЧУК²

¹ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор»;

²Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДИСПЕРСНО-ЗМІЦНЕНОЇ МІДІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЇХ ЯК СТРУМОЗНІМАЧІВ ТРАМВАЇВ

Досліджені триботехнічні та експлуатаційні властивості композиційних матеріалів на основі дисперсно-зміцненої міді у порівнянні з відомими при використанні їх як струмознімачів рухомого міського транспорту. Вивчено вплив на коефіцієнт тертя та зношування матеріалу методу його компактування – пресування з наступним стіканням та гаряче штампування. Встановлено, що найвищі експлуатаційні властивості мають вставки полозів трамваїв, які виготовлені з матеріалу на основі дисперсно-зміцненої міді методом гарячого штампування. Останнє зумовлено його низьким коефіцієнтом тертя та низькою інтенсивністю зношування як матеріалу так і контртіла.

Ключові слова: зношування, дисперсне зміцнення, мідь, тертя, струмознімачі, зносостійкість, коефіцієнт тертя, порошки.

Актуальність досліджень. В теперішній час однією з актуальних проблем є забезпечення міського рухомого транспорту (трамваїв) контактними пластинами пантографів які працюють в складних умовах тертя, динамічних навантажень, дії навколишнього середовища. В Україні використовують переважно пластини на основі алюмінієвого сплаву АД31Т різної конфігурації. Але такі пластини мають низку недоліків. Річ у тому, що при утворенні прямого контакту алюмінію з міддю, особливо в умовах впливу вологості атмосфери, відбувається утворення гальванічної пари. Останнє за рахунок проходження електрохімічних процесів призводить до швидкого руйнування пластин з сплаву алюмінію.

Іншим недоліком сплаву АД31Т при використанні його як антифрикційного матеріалу є високий коефіцієнт тертя у парі з міддю, який лежить у межах 0,44, що більше властиво фрикційним матеріалам. Наслідком є інтенсивне зношування контактного дроту, який виготовляють з міді.

До недоліків такого матеріалу також слід віднести його низьку температуру плавлення, що знижує його електричну ерозійну стійкість.

Експлуатаційні властивості сплаву АД31Т можливо дещо покращити застосовуючи його змащування перед початком експлуатації. При цьому, як мастило використовують суміш солідолу з графітом. Використання мастила знижує коефіцієнт тертя у середньому до 0,16 і збільшити термін працездатності контактних пластин до 1,5 місяців. Але це стосується експлуатації пластин тільки в умовах сухої погоди. Але у випадку підвищеної вологості повітря і особливо при наявності дощів термін експлуатації знижується до декількох днів. Не дивлячись на це, контактні пластини на основі алюмінієвого сплаву АД31Т використовуються на більшості трамваїв України особливо на трамвайних вагонах ТЗ та ТЗМ виробництва фірми Tatra (Чехія).

Викладене вище свідчить про те, що розробка нових матеріалів для рухомого міського транспорту є досить актуальною задачею. Аналіз існуючих матеріалів антифрикційного призначення [1-7], які можливо використовувати як стру-

можнімачі рухомого транспорту, дозволив зробити висновок, що перспективними у цьому відношенні можуть бути порошкові композиційні матеріали на основі дисперсно-зміцненої міді [4].

Мета досліджень. В роботі була поставлена задача дослідити триботехнічні та експлуатаційні характеристики вставок пантографів виготовлених з використанням порошоків дисперсно-зміцненої міді (ДЗМ).

Результати досліджень та їх обговорення. Як показали дослідження в роботі [4] оптимальним складом таких матеріалів може бути матеріал, який вміщує як основу порошок ДЗМ (82,0–86,0%), порошок заліза (8,0–10,0%) та графіт (4,0–6,0 %).

Вихідні порошки ДЗМ отримували диспергуванням розплаву міді на установці описаній в роботі [8]. Вихідний розплав готували з шихти, яка складалась з міді та лігатури залізо хром 4–6 %, який, як показано в роботі [9], є джерелом дисперсно-зміцнюючої фази (рис. 1). Диспергування розплаву з початковою температурою 1250 °С проводили на вищезгаданій установці з метою отримання порошку з середнім розміром частинок 100,0 мкм. [10] та формою частинок, яка показана на рис. 1, а.

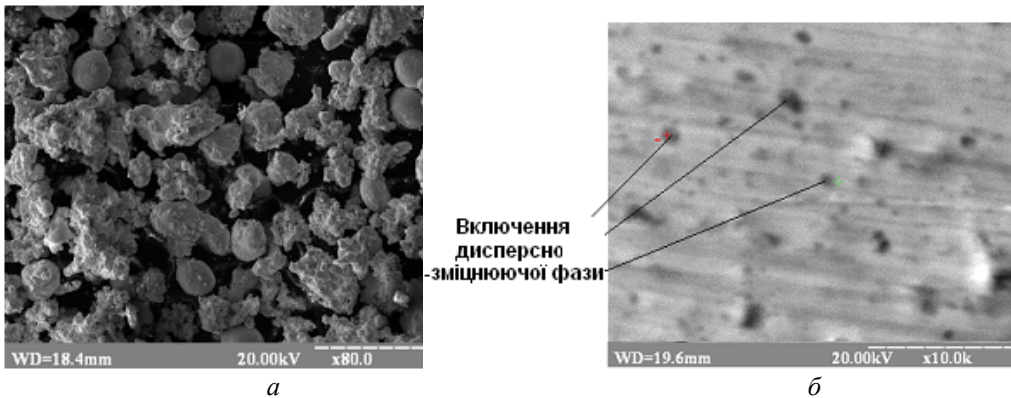


Рис. 1. Топографія поверхні та структура порошоків дисперсно-зміцненої міді

Для приготування вихідної шихти антифрикційного матеріалу використовували порошок заліза з середнім розміром частинок порошку 100 мкм марки ПЖРВ згідно ГОСТ 9849-86. Вихідну шихту отримували змішуванням вихідних компонентів протягом 2 год з використанням V- подібного змішувача.

Для вивчення впливу умов отримання пластин на їх експлуатаційні властивості їх виготовляли за двома технологічними варіантами (рис. 2). Згідно першому варіанту (рис. 2, а) вихідну суміш складових матеріалу пресували за тиску 350 МПа. Отримані заготовки спікали в муфельній печі за температури 950–980 °С у середовищі водню протягом 60 хв. Після спікання пластини мали відносну щільність у межах 85,0-90,0 %.

За другим варіантом (рис. 2, б) виготовлення пластин проводилось з використанням методу гарячого штампування. Для цього заготовки пластин пресували як і у першому варіанті за тиску 350 МПа. У подальшому проводили нагрівання заготовок у захисному середовищі водню за температури 950 °С протягом 15 хв і в нагрітому стані проводили гаряче штампування на дугостаторному пресі ФБ-1730 за енергії 0,160 кДж/см³. Отримані таким чином пластини мали щільність

99,0–100%. Структура матеріалу пластин отриманих за різними технологічними варіантами показана на рис. 3.

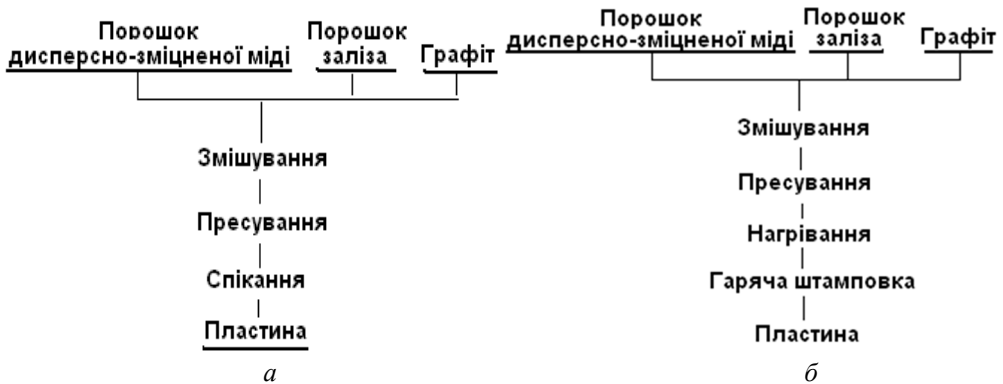


Рис. 2. Технологічні схеми виготовлення контактних пластин

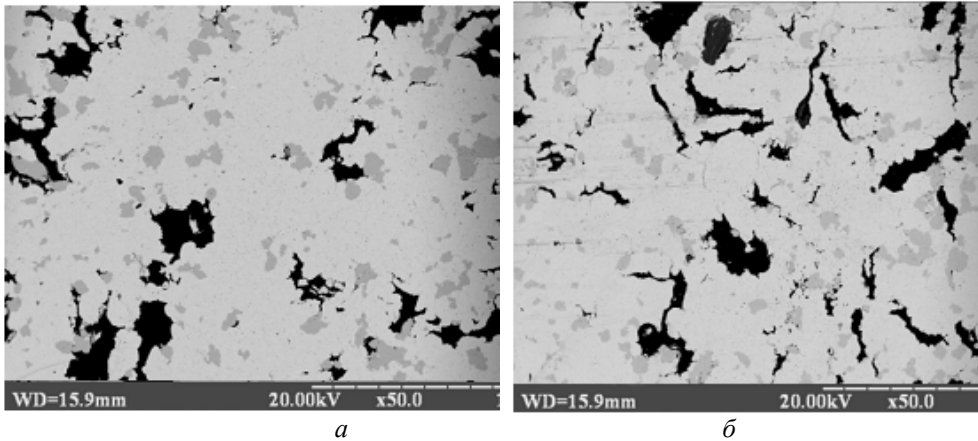


Рис. 3. Структура матеріалу пластин отриманих пресуванням з наступним спіканням (а) та гарячим штампуванням (б)

В роботі для порівняння також були виготовлені пластини на основі не зміцненої міді та зміцненої міді за рахунок уведення в матеріал дисперсного порошку оксиду алюмінію. Результати вивчення триботехнічних властивостей отриманих матеріалів у порівнянні з відомими приведені в табл. 1. Триботехнічні дослідження проводили на машині тертя типу 2070 СМТ-1 за схемою диск-колодка. Використовували мідне контртіло нагартоване до твердості 110,0-120,0 МПа по Бринелю, яке за своїми властивостями імітувало контактний провід. Навантаження на пару тертя складало 100 Н. Швидкість ковзання становила 4,5 м/с.

З табл. 1 видно, що серійні матеріали мають дещо гірші показники по коефіцієнту тертя та значно гірші по інтенсивності зношування, особливо для композитів російського виробництва, як самого антифрикційного матеріалу, так і матеріалу контртіла. Велика інтенсивність зношення контртіла композитом марки ВЖЗП є причиною його великої твердості. Адже як відомо [1] умовою малого зношення контактного проводу, в ролі якого при наших дослідженнях виступало контртіло, твердість матеріалу контакту повинна бути меншою або рівною твердості контртіла і в ніякому разі не повинна на багато перевищувати її. На відміну від російського композиту ВЖЗП запропоновані нами матеріали виготовлені за обома технологіями та матеріал чеського виробництва мають твердість меншу

за твердість контргіла на 300–450 МПа (30–45 одиниць за Бринелем), чим і викликана мала інтенсивність зносу, гарне припрацювання і нижчі коефіцієнти тертя порівняно із зразками ВЖЗП.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики матеріалів на основі дисперсно-зміцненої міді

Матеріал	Коефіцієнт тертя	Знос, $gx10^3$, г/км	
		Матеріалу	Контргіла
На основі ДЗМ отриманий за технологією пресування з наступним спіканням	0,23	3,2	0,5
На основі ДЗМ отриманий гарячим штампуванням	0,21	2,1	3,7
На основі не зміцненої міді	0,26	9,9	156,9
На основі композицій Cu+Al ₂ O ₃	0,27	1,3	3,3
МГ-478 (Чехія)	0,30	3,9	0,7
ВЖЗП (Росія)	0,35	38,9	7,9

З отриманих таким чином матеріалів були виготовлені вставки (рис. 4). Вони монтуються на полоз в 2 ряди, по 4 штуки і не потребують змащування при експлуатації.

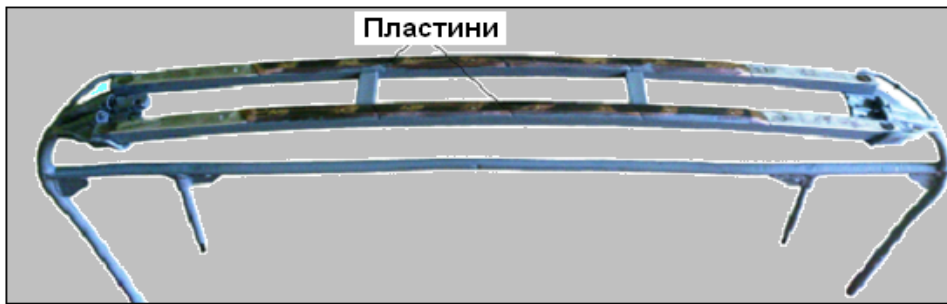


Рис. 4. Композиційні контактні пластини на основі ДЗМ

Проведені експлуатаційні випробування розроблених вставок. Випробування проводили у Дарницькому трамвайному ремонтно-експлуатаційному депо. Вставки були встановлені на 10 трамвайних вагонах типу Татра ТЗ, ТЗМ. Показники випробувань наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники застосування струмознімачів

Виріб	Вартість од., грн.	Вартість комплекта вставок, грн	Термін роботи, днів			Примітки
			min	max	Середній за рік	
Вставка на основі алюмінію АДЗ1Т	384,30	768,60 (2 шт.)	1–3	15–20	11,5	min -осінь, зима, весна (дощ, сніг), max -літо (сухо)
Вставка ПКД-4-2 Т (композит на основі ДЗМ)	216,00	1728,00 (8 шт.)	>180	>180	180	Не залежить від пори року

Випробування показали, що середній ресурс роботи складає 55,0–60,0 тис. км, що приблизно відповідає експлуатації трамвайного вагону протягом 5-6 місяців. Матеріал має низький коефіцієнт тертя (0,17–0,21).

Висновки. Досліджені триботехнічні та експлуатаційні властивості антифрикційних матеріалів на основі дисперсно-зміцненої міді при використанні їх як струмознімачів трамваїв. Вивчено вплив на їх властивості технологічних варіантів виготовлення виробів з них. Встановлено, найбільш високі показники мають вироби отримані за технологією гарячого штампування. Такі матеріали мають найнижчі коефіцієнт тертя та ступінь зношування. Це зумовлено тим, що при дисперсному зміцненні має місце підвищення характеристики міцності матеріалів, які сприяють зменшенню коефіцієнту тертя та збільшенню зносостійкості.

Проведені експлуатаційні випробування струмознімачів рухомого транспорту з композиційних матеріалів на основі ДЗМ показує про доцільність їх виробництва у промислових масштабах.

Список літератури

1. Берент В. Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. – М.: Интекст, 2005. – 408 с.
2. Кончиц В. В., Мешков В. В., Мышкин Н. К. Триботехника электрических контактов. – Минск: Наука и техника, 1986. – 256 с.
3. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: (Справ.) / Под ред. И. М. Федорченко, И. Н. Францевича, И. Д. Радомысельского. – К., 1985. – 624 с.
4. Степанчук А.М., Богатов О.С., Бірюкович Л.О. Дослідження процесів компактування порошкових матеріалів триботехнічного призначення на основі дисперсно-зміцненої міді // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2015. – №6. – С. 46-53.
5. Степанчук А.М., Билык И.И., Бойко П.А. Технология порошковой металлургии. – К.: Выща шк., 1989. – 415 с.
6. Берент В.Я., Смазнов П.П. Токосъемные элементы для полозов токоприемников из композиционных металлоуглеродных материалов с высокими электроконтактными свойствами. Тез. конф. «Актуальные проблемы развития ж.д. транспорта» Москва, 1994. – С.129.
7. Берент В. Я. Перспективы улучшения работы сильноточного скользящего контакта «контактный провод – токосъемный элемент полоза токоприемника» // Железные дороги мира. – 2002. – № 10. – С. 46–52.
8. Найда Ю.И., Степанчук А. Н., Найда А.Ю. Промышленное производство порошков сплавов меди методом ударного дробления струи расплава // Порошковая металлургия, 2006. – №1/2. – С. 112–115.
9. Одержання порошоків дисперсно зміцненої міді /А.М.Степанчук, О.С. Богатов, М.Б. Шевчук, Н.Ф.Пашковець //Луцьк: Ж-л "Наукові нотатки" ЛДТУ, 2010.– Випуск 29, – С. 188–195.
10. Отримання порошоків дисперсно зміцненої міді та матеріалів за їх участю /А.М.Степанчук, О.С. Богатов, Н.Ф. Пашковець, М.О. Грабийчук //Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Матеріали для роботи в екстремальних умовах -3», - Київ: 28-29 жовтня 2010. – С.45-52.
11. Степанчук А.М., Богатов О.С., Шимків М.В. Триботехнічні властивості матеріалів на основі дисперсно зміцненої міді //Проблеми тертя та зношування: – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2012. – Вип. 58. – С. 65–74.

Стаття надійшла до редакції 26.02.2018.

Степанчук Анатолій Миколайович – к.т.н., професор, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Київського національного технічного університету "КПІ ім. Ігоря Сікорського", astepanchuk@iff.kpi.ua.

Богатов Олексій Сергійович – інженер-технолог, ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор», ikp@bigmir.net.

O. S. BOGATOV, A. M. STEPANCYUK

OPERATING PROPERTIES OF ANTIFRICTION MATERIALS BASED ON DISPERSION-STRENGTHENED COPPER BY USING THEM AS CURRENT COLLECTORS OF TRAMS

The tribotechnical and operational properties of composite materials based on dispersion-strengthened copper were investigated in comparison with the known ones used as current collectors in electric public transport. Products made with studied materials were produced in two technological variants. According to the first variant, the initial mixture of dispersion-strengthened copper, iron and graphite powders was pressed at a pressure of 350 MPa, and then they were sintered at a temperature of 980 °C for 60 minutes. According to the second variant, the samples were heated to a temperature of 950 °C after pressing the samples were stamped in a heated state on an arcstator press for energy of 0,160 kJ / cm³. It was discovered that the highest operational properties have the tram tire inserts, which are made of a material based on dispersion-strengthened copper by hot stamping. The last one is due to its low coefficient of friction and a small wear rate of both in material and counterface. This is due to the fact that in the case of disperse strengthening there is an increase in the strength of materials, which leads to a decrease in the coefficient of friction and increase wear resistance.

Keywords: wear, disperse strengthening, copper, friction, current collector, wear resistance, friction coefficient, powder.

References

1. Berent V. Ya. Materialy i svoystva elektricheskikh kontaktov v ustroystvakh zheleznodorozhnogo transporta. – M.: INTEKST, 2005. – 408 s.
2. Konchits V. V., Myeshkov V. V., Myshkin N. K. Tribotekhnika elektricheskikh kontaktov. - Minsk: Nauka i tekhnika, 1986. – 256 s.
3. Poroshkovaya metallurhiya. Materialy, tekhnolohiya, vlastyosti, oblastiprimeneniya: (Sprav.) / Pod red. I. M. Fedorchenko, I. M. Frantsevycha, I. D. Radomyselskoho. – K., 1985. – 624 s.
4. Stepanchuk A.M., Bohatov O.S., Biryukovich L.O. Doslidzhennya protsesiv kompaktuvannya poroshkovykh materialiv tribotekhnichnoho pryznachennya na osnove dyspersno-zmitsnenoyi midi // Naukovi visti NTUU "KPI". – 2015. – №6. – S. 46-53
5. Stepanchuk A.M., Bilyk I.I., Boyko P.A. Tekhnolohiya poroshkovoyi metalurhiyi. – K.: Vyshchashk., 1989. – 415 s.
6. Berent V.YA., Smaznykh P.P. Strumoznimalny elementy dlya poloziv strumopryymachiv z kompozytsiynykh metallouhlerodnykh materialiv z vysokymy elektrokontaktynymy vlastyostyamy. Tez.konf. «Aktualni problemy rozvytku zaliznytsi transportu» Moskva, 1994. – S.129.
7. Berent V. Ya. Perspektivy uluchsheniya raboty silnotochnoho skolzyashcheho kontakta «kontaktnyy provod - tokos'emny element poloza strumopryymacha» // Zaliznytsi svitu. – 2002. – № 10. – S. 46–52.
8. Nayda YU.I., Stepanchuk A. N., Nayda A.YU. Promyshlennoe proizvodstvo poroshkov splavov medi metodom udarnoho drobleniya strui rasplava // Poroshkova metalurhiya, 2006. – №1 / 2. – S. 112–115
9. Oderzhanyy poroshkiv dyspersno zmitsnenoyi midi /A.M.Stepanchuk, O.S. Bohatov, M.B. Shevchuk, N.F.Pashkovets // Lutsk: ZH-I "Naukovi notatky" LDTU, 2010. – Vypusk 29, – S. 188–195.
10. Otrymannya poroshkiv dyspersno zmitsnenoyi midi ta materialiv za yikh uchastyu /A.M.Stepanchuk, O.S.Bohatov, N.F.Pashkovets, M.O.Hrabychtsuk // Materialy mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsyy «Materialy dlya roboty v ekstremalnykh uslovnyakh -3», – Kyiv: 28–29 zhovtnya 2010. – S.45–52.
11. Stepanchuk A.M., Bohatov O.S., Shymkiv M.V. Tribotekhnichni vlastyosti materialiv na osnovi dyspersno zmitsnenoyi midi // Problemy tertya ta znoshuvannya: – K.: Vyd-vo NAU «NAU-druk», 2012. – Vyp. 58. – S. 65–74.