

Віщок Ю. Ю.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДРУКАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

У статті наведено результати досліджень впливу технологічних режимів виготовлення на функціональні властивості нових антифрикційних порошкових матеріалів на основі міді з твердою змащувальною речовиною CaF_2 . Розроблена технологія виготовлення нових антифрикційних матеріалів на основі методів порошкової металургії для друкарських машин забезпечила формування дрібнозернистої гетерогенної структури, що надало матеріалам високого рівня триботехнічних властивостей.

Ключові слова: порошковий матеріал, технологія, змащувальна речовина, антифрикційні властивості, півки тертя, друкарські машини.

1. Вступ

Стрімкий розвиток технологічних процесів поліграфічного виробництва сприяє удосконаленню класичних технологічних процесів, різноманітних методів і засобів друку, породжує нові технології.

Постійне підвищення якості поліграфічного обладнання є об'єктивною вимогою подальшого розвитку як поліграфії, так і поліграфічного машинобудування. Це, насамперед, може відбуватися за рахунок підвищення точності виготовлення та удосконалення конструкцій, збільшення строків служби деталей поліграфічних машин, скорочення експлуатаційних затрат та міжремонтних робіт.

Серед великої множинності антифрикційних композиційних матеріалів, що призначені для найрізноманітніших умов роботи, окреме місце займають матеріали, які за режимами експлуатації піддаються високим швидкостям ковзання (до 100 м/с), а саме підшипникові композиційні матеріали на основі міді. Їх застосування пов'язано з наявністю спеціальних фізичних властивостей мідних матеріалів, і, перш за все, з їх високою теплопровідністю (у порівнянні з іншими матеріалами, наприклад, на основі заліза). Це дозволяє матеріалам на основі міді чинити інтенсивний опір зносу в умовах гранично важких режимів тертя (за рахунок інтенсивного відводу тепла із зони тертя) при одночасному збереженні високих фізико-механічних характеристик [1–5].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Вдосконалення роботи вузлів тертя є важливим завданням, оскільки саме від їх роботи залежить надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність поліграфічного обладнання в цілому [2, 4]. Проте, існуючі високошвидкісні підшипники ковзання не можуть задовольняти сучасним вимогам поліграфічної техніки. Це пов'язано з незадовільними службовими властивостями,

що є наслідком недосконалості застосовуваних технологій виготовлення існуючих підшипників та спричинює відсутність прогнозованого створення структури і властивостей. Тому створення нових підшипникових матеріалів з прогнозованими, запроєктованими фізико-механічними і експлуатаційними властивостями, визначення і розробка методів, засобів і технологій їх використання є актуальним завданням і потребує комплексу досліджень.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — процес формування функціональних властивостей підшипників ковзання на основі міді для поліграфічної техніки в залежності від технологічних режимів виготовлення.

Проведені дослідження ставили за мету встановлення впливу технологічних режимів виготовлення на структуру і функціональні властивості композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді для поліграфічного обладнання, що містять тверду змащувальну речовину.

Для досягнення зазначеної мети вирішувались наступні задачі:

1. Розробити нові технологічні режими виготовлення порошкових матеріалів на основі міді з домішками твердої змащувальної речовини для поліграфічної техніки, що базуються на використанні методів порошкової металургії.
2. Встановити вплив технологічних режимів виготовлення на функціональні властивості нових антифрикційних порошкових матеріалів на основі міді з твердою змащувальною речовиною CaF_2 .

4. Матеріали та методи досліджень порошкових матеріалів на основі міді для друкарської техніки

Теоретичні та експериментальні дослідження базувались на основних теоретичних положеннях сучасного поліграфічного виробництва. В експериментальних

дослідженнях були використані сучасні методи і засоби вимірювання. Дослідження структурних складових підшипникових матеріалів, їх ідентифікація, розподіл фаз проведено за допомогою електронних мікроскопів просвічуючого типу (емісійний) і електронний мікроскоп комбінованого типу (для просвічування та сканування) JEM-1250/1000 (Японія), EM-200 (м. Суми), для рентгеноструктурного дослідження використовували рентгеновський стаціонарний апарат ДРОН-4С. Фізико-механічні властивості досліджували за стандартними методиками, експлуатаційні властивості визначали на машині тертя ВМТ-1, з застосуванням стандартних вимірювальних пристроїв та ЕОМ для аналізу й обробки отриманих даних, а дослідження плівок тертя виконувалось із застосуванням мікрорентгеноспектрального аналізу [5, 6].

5. Результати досліджень порошкових матеріалів на основі міді для друкарської техніки

Отже, в даній роботі досліджувався новий матеріал на основі міді, що містить у своєму складі, окрім легуючого елементу нікелю, тверду змащувальну домішку CaF_2 , а саме, матеріал середнього складу, мас. %: $\text{Ni} - 5$; $\text{CaF}_2 - 9$; $\text{Cu} -$ решта (ДН5КФ9).

Виготовлення зразків з матеріалу на основі міді проводилось за розробленою і відпрацьованою технологією з використанням методів порошкової металургії.

До складу шихти вихідних компонентів як тверде мастило вводили порошок фториду кальцію — CaF_2 , як відомий [7–9] змащувальний компонент саме для важких умов роботи матеріалів, який є термічно і хімічно стабільною речовиною до 1300°C , а це, у свою чергу, гарантує його наявність у матеріалі як при виготовленні, так і у процесі експлуатації. Присутність CaF_2 в матеріалі необхідна для забезпечення стабільної роботи пари тертя.

Виготовлення шихти здійснювалось в 3 етапи: 1 етап — змішування порошоків міді та нікелю протягом 1,5 години; 2 етап — змішування порошоків міді та нікелю з додаванням порошку CaF_2 («сухе» змішування) протягом 1,5 години; 3 етап — змішування отриманої суміші з розчином гліцерину у спирті протягом 1 години («мокре» змішування).

Використання трьохетапного змішування дозволяє уникнути сегрегації за густиною окремих порошоків у складі шихтових композицій.

У дослідженнях застосували технологію двостороннього пресування в прес-формах при кімнатній температурі. Зразки пресували із суміші вихідних порошоків на гідралічному пресі ПСУ-125 в прес-формах, виготовлених із загартованих високолегованих сталей або твердих сплавів, що дозволяють одержати виріб заданої форми.

Величини тиску, застосовані при пресуванні, залежать від міцності і пластичності матеріалів шихти і їх кількісного співвідношення, наявності мастила, конструкції прес-форм, величини частинок порошку і їх форми, розмірів і форми пресованого виробу і інших чинників. У розглядаємому автором випадку величини питомого тиску пресування складала $300\text{--}500$ МПа.

Після пресування були одержані зразки розмірами: $\varnothing 10\text{ мм} \times 15\text{ мм}$; $\varnothing 15\text{ мм} \times 15\text{ мм}$; $5\text{ мм} \times 10\text{ мм} \times 55\text{ мм}$ і $10\text{ мм} \times 10\text{ мм} \times 55\text{ мм}$ для проведення різних видів випробувань.

Спінання проводили в лабораторній печі СНОЛ 1.3 з продуванням захисного газу (H_2) для виключення можливого окиснення зразків. Зразки поміщали у контейнер із засипкою глинозему (Al_2O_3). Режими спінання $t = 820\text{--}870^\circ\text{C}$.

Для матеріалу ДН5КФ9 застосовували додаткову механічну операцію — калібрування при питомому тиску 840 МПа і відпал при $t = 450^\circ\text{C}$ протягом 1 години у середовищі водню. Зазначені операції проводили для забезпечення мінімальної залишкової пористості.

В результаті виготовлення нових композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді $\text{Cu} - 5\%$ $\text{Ni} - 9\%$ CaF_2 (ДН5КФ9) за розробленими технологічними режимами утворилася складна гетерогенна структура композитів.

Дослідження металографічної структури матеріалу складу $\text{Cu} - 5\%$ $\text{Ni} - 9\%$ CaF_2 показало, що його структура являє собою легований нікелем α -твердий розчин на основі міді з домішками твердого мастила — CaF_2 , що показано на рис. 1.

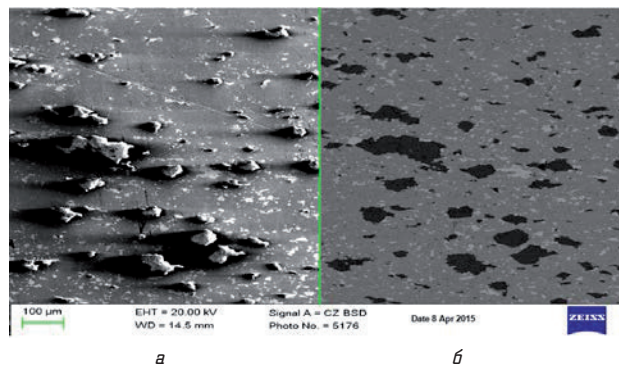


Рис. 1. Растрова електронна мікроскопія композиційного матеріалу $\text{Cu} - 5\%$ $\text{Ni} - 9\%$ CaF_2 (ДН5КФ9): а — у вторинних електронах; б — у фазовому контрасті

Показана на рис. 1 металографічна структура матеріалу на основі міді з присутнім твердим мастилом (CaF_2) забезпечує формування матеріалу з гетерогенною структурою, що є важливою обставиною для матеріалів антифрикційного призначення [5, 6].

Одержана структура і її фазовий склад [2], забезпечені застосуванням розробленої технології, надали новому порошковому матеріалу високих триботехнічних властивостей (табл. 1). Випробування на тертя та знос виконувались при швидкостях обертання $100\text{--}400$ м/с, навантаженнях $2,0\text{--}6,5$ МПа у парі з контртілом із сталі 20Х на повітрі.

Як видно з табл. 1, новий матеріал для самозмащувальних підшипників ковзання за функціональними властивостями перевищує відому литу бронзу, що сприяє зростанню працездатності поліграфічного обладнання.

Дослідження стану поверхонь тертя виконувалося із застосуванням електронномікроскопічного аналізу. Результати дослідження наведено на рис. 2.

Як видно з рис. 2, на поверхні тертя після триботехнічних випробувань утворились плівки тертя — вторинні структури. Дослідження стану тертьових поверхонь виконувалися від світлих та темних ділянок плівок вторинних структур [3].

Таблиця 1

Триботехнічні властивості досліджуваних підшипників, литого бабіту Б83 і бронзи Бр.ОЦС6-Б-3

№ п/п	Марка матеріалу	Швидкість, об/хв	Навантаження, P, МПа	Коефіцієнт тертя, f	Лінійний знос зразка, мкм/км	Масовий знос контр-тіла, мг/км	Температура зразка, °С	Примітка
1	БрОЦС6-Б-3 (лита) [2]	100	3,0	0,098	124	+3,28	370	Тертя з рідким мастилом
2	ДН5КФ9	400	6,5	0,2	48	-2,8	290	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку

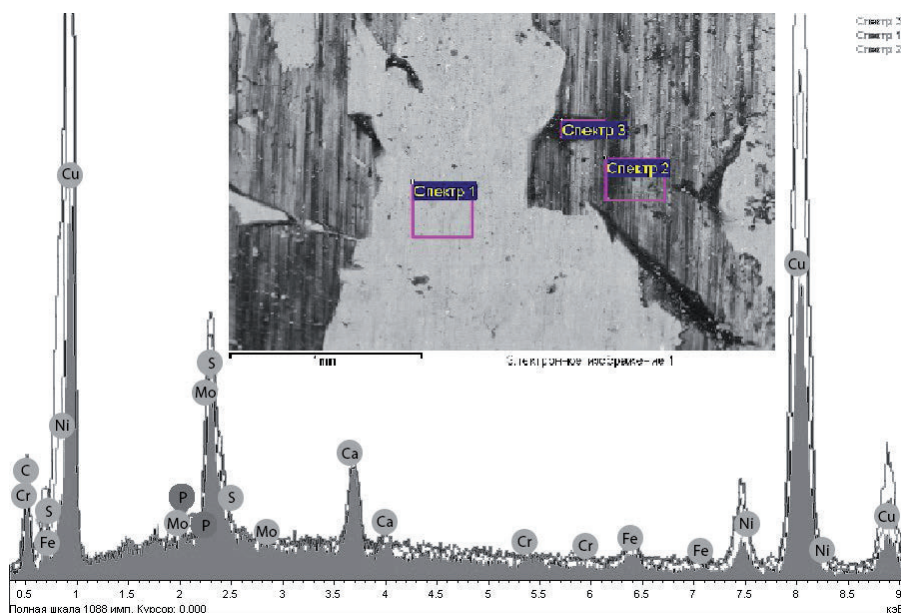


Рис. 2. Мікрорентгеноспектрограма окремих ділянок поверхні тертя підшипникового матеріалу ДН5КФ9

Як видно з рис. 3 у плівках тертя присутні хімічні елементи, що входять до складу як досліджуваного матеріалу, так і контртіла, що демонструє участь всіх елементів пари тертя у складних хімічних процесах в процесі контактної взаємодії.

Результати триботехнічних випробувань і аналіз стану тертьових поверхонь свідчать, що темп зношування відповідає темпу утворення антизадирних плівок вторинних структур (рис. 3), наслідком чого є стабільно високі антифрикційні характеристики за таких умов експлуатації.

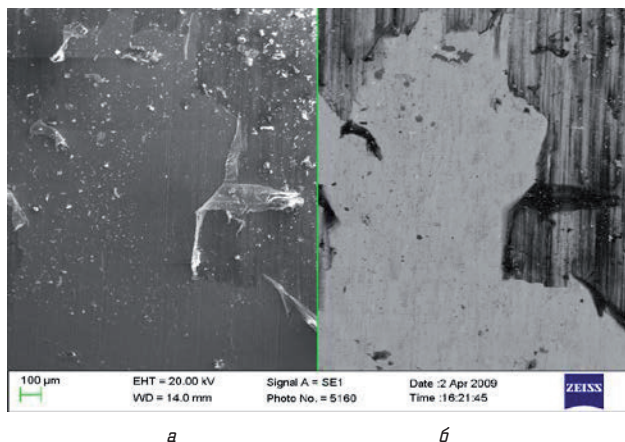


Рис. 3. Растрова електронна мікроскопія поверхні тертя матеріалу Cu — 5 % Ni — 9 % CaF₂ (ДН5КФ9): а — у вторинних електронах; б — у фазовому контрасті

Як видно з рис. 3, на зміну зношуваним фрагментам плівок тертя у місцях контактної взаємодії утворюються нові фрагменти вторинних структур таким чином, що вказані процеси відбуваються безперервно і одночасно. Така збалансованість процесів зношування та утворення плівок тертя означає, що саме у заданих умовах випробувань антифрикційний матеріал демонструє стабільну і тривалу роботу [5, 6].

6. Обговорення результатів дослідження порошкових матеріалів на основі міді

Дослідження структури композиційного матеріалу ДН5КФ9 показало (рис. 1) наявність двох складників — металевої матриці з включеннями рівномірно розташованої фази твердого мастила — фториду кальцію. Слід відзначити, що металева матриця матеріалу являє собою легований нікелем α-твердий розчин на основі міді з рівномірно розподіленими в ньому виділеннями двох твердих розчинів γ₁ та γ₂ з ГЦК ґраткою, які сформувалися в процесі виготовлення матеріалу, що відповідає діаграмі стану системи Cu-Ni [1]. Матеріал ДН5КФ9 (рис. 1) містить тверде мастило у вигляді самостійної фази, яка у поєднанні з легованим α-твердим розчином на основі міді, формує дрібнозернисту гетерогенну структуру, котра є найкращою [9, 10] для забезпечення високих антифрикційних властивостей. Окрім елементів пари тертя у плівках вторинних структур міститься значна кількість кисню, що свідчить про окислювальний характер тертя і, як наслідок, окисну природу утворених структурних складових у фрикційній зоні (рис. 2). Світлі ділянки зони тертя (спектр 1) збагачені Cu, C, Ca, F, O та Ni, спостерігається присутність Fe у кількості 0,5 мас. %. Темні ділянки плівок містять аналогічний набір хімічних елементів, проте у суттєво відмінній кількості. Так, вміст C у темних зонах (спектри 2, 3) більший, ніж у 3 рази, кількість Fe у 2 рази вища за його концентрацію у світлих зонах плівки. Таке співвідношення хімічних елементів у світлих і темних ділянках плівок тертя забезпечує утворення таких вторинних структур, котрі надають матеріалу високих антифрикційних характеристик. А це, у свою чергу, означає, що для даних умов експлуатації можна

цілеспрямовано обирати кількісний склад як підшипникового матеріалу, так і матеріалу контргтіла, хімічні елементи яких здатні утворити таку комбінацію складових плівок тертя, котра забезпечить мінімізацію коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування.

7. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Розроблено та відпрацьовано технологічні режими виготовлення нових матеріалів на основі міді з домішками твердої змащувальної речовини, що включають в себе підготовку вихідної сировини з оптимізацією складів матеріалів, як головних елементів конструкції підшипників, змішування, пресування, спікання та закінчуючи оптимізацією режимів формування конструкції готової деталі.

2. Встановлено, що застосовувані технологічні режими виготовлення забезпечують таку структурно-фазову побудову нових підшипників ковзання на основі міді, які формують гетерофазну структуру, а це, у свою чергу, є визначальним фактором для забезпечення високого рівня експлуатаційних характеристик.

Література

1. Волкогон, Г. М. Прогресивные технологические процессы штамповки деталей из порошка [Текст] / Г. М. Волкогон, А. М. Дмитриев, Е. П. Добряков и др.; под ред. А. М. Дмитриева, А. Г. Овчинникова. — М.: Машиностроение, 1991. — 320 с.
2. Kaczmar, J. W. The production and application of metal matrix composite materials [Text] / J. W. Kaczmar, K. Pietrzak, W. Włosiński // Journal of Materials Processing Technology. — 2000. — Vol. 106, № 1–3. — P. 58–67. doi:10.1016/s0924-0136(00)00639-7
3. Антифрикційний композиційний матеріал та спосіб його одержання [Текст]: пат. України № 47544, МПК7 C22C9/00, C22C9/06, B22F7/08 / Ігнатенко С. Д. — № 2002043693; заявл. 30.04.2002; опубл. 15.07.2002, Бюл. № 7. — 3 с.
4. Deng, J. Self-lubricating mechanisms via the in situ formed tribofilm of sintered ceramics with CaF₂ additions when sliding against hardened steel [Text] / J. Deng, T. Cao // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. — 2007. — Vol. 25, № 2. — P. 189–197. doi:10.1016/j.ijrmhm.2006.04.010
5. Schubert, T. Interfacial design of Cu-based composites prepared by powder metallurgy for heat sink applications [Text] / T. Schubert, B. Trindade, T. Weißgärber, B. Kieback // Materials Science and Engineering: A. — 2008. — Vol. 475, № 1–2. — P. 39–44. doi:10.1016/j.msea.2006.12.146
6. Білоцький, О. В. Рентгеноструктурний аналіз сплавів [Текст]: атлас рентгенограм / О. В. Білоцький. — К.: НТУУ «КПІ», 2014. — 50 с.
7. Gupta, S. Ta₂AlC and Cr₂AlC Ag-based composites — New solid lubricant materials for use over a wide temperature range against Ni-based superalloys and alumina [Text] / S. Gupta, D. Filimonov, T. Palanisamy, T. El-Raghy, M. W. Barsoum // Wear. — 2007. — Vol. 262, № 11–12. — P. 1479–1489. doi:10.1016/j.wear.2007.01.028
8. Киричок, П. О. Основи металознавства і порошкової металургії [Текст]: навч. пос. / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. С. Морозов. — К.: Політехніка, 2012. — 132 с.
9. Антифрикційний композиційний матеріал [Текст]: пат. України № 40139 МПК(2009), C22C9/02, C22C9/00, C22C1/00, C22C1/04, C22C1/05 / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Віщок Ю. Ю. — № u200812686; заявл. 29.10.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. — 3 с.
10. Киричок, П. О. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин [Текст]: монографія / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. П. Гавриш та ін. — К.: НТУУ «КПІ», 2015. — 428 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ МАШИН

В статье представлены результаты исследований влияния технологических режимов изготовления на функциональные свойства новых антифрикционных порошковых материалов на основе меди с твердой смазкой CaF₂. Разработанная технология изготовления новых антифрикционных материалов на основе методов порошковой металлургии для печатных машин обеспечила формирование мелкозернистой гетерогенной структуры, что придало материалам высокий уровень триботехнических свойств.

Ключевые слова: порошковый материал, технология, смазка, антифрикционные свойства, пленки трения, печатные машины.

Вищок Юлія Юрївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра репрографії, Видавничо-поліграфічний інститут, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: yuliav@bigmir.net.

Вищок Юлия Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра репрографии, Издательско-полиграфический институт, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Vitsiuk Iuliia, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: yuliav@bigmir.net