

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ НА ОСНОВІ МІДІ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Запропоновано нові технологічні режими виготовлення композиційних підшипників ковзання з матеріалів на основі міді з домішками твердого мастила, які включають в себе підготовку вихідної сировини з оптимізацією складів матеріалів, змішування, пресування та спікання. Розроблені технологічні режими забезпечують формування структури, яка забезпечує високий рівень експлуатаційних властивостей підшипників ковзання, що призначені для роботи у вузлах тертя поліграфічного обладнання.

Ключові слова: технологічні режими, композиційний матеріал на основі міді, тверда змащувальна речовина, підшипники ковзання, поліграфічне обладнання.

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 [4].

Вдосконалення роботи вузлів тертя є важливим завданням, оскільки саме від їх роботи залежить надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність поліграфічного обладнання в цілому [2, 3]. 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, запроектованими фізико-механічними і технологічними властивостями, вивчення і розробка методів, засобів і технологій їх використання є актуальним завданням і потребує комплексу досліджень.

Метою роботи є встановлення впливу технологічних режимів виготовлення на структуру і властивості композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді для поліграфічного обладнання, що містять тверді змащувальні речовини CaF_2 і графіт.

Результати дослідження

В цій роботі досліджувались матеріали на основі міді, що містять у своєму складі, окрім легуючих елементів, тверду змащувальну домішку CaF_2 та графіт, склади яких наведено у табл. 1.

Виготовлення зразків з матеріалів на основі міді (табл. 1), проводилось методами порошкової металургії у такій технологічній послідовності.

1. Для виготовлення шихтових складів використовувались порошки:

— мідний марки ПМС-1 ГОСТ 4960-75, відпалений та просіяний через сито з сіткою № 0160;

— мідний марки ПМС-Н ГОСТ 4960-75, фракції – 250...+60 у стані постачання, а також просіяний через сито з сіткою № 0063;

— нікелевий карбонільний марки ПНК-0Т4 ГОСТ 9722-97, у стані постачання (–10 мкм);

— фториду кальцію (CaF_2) ТУ 6- 09-5335-88, після просушки при 120 °С, 1 год., і просівання через сито з сіткою № 0100;

— графіту марки ГЭ-4, фракцій –016...+01; –01...+0063; –0055.

До складу шихти вихідних композиційних матеріалів як тверду змазку вводили графіт — С (склад 1 табл. 1) та фторид кальцію — CaF_2 (склад 2 табл. 1). Присутність твердих змащувальних речовин в матеріалах необхідна для забезпечення стабільної роботи підшипників ковзання при аварійному припиненні подачі рідкого мастила у вузли тертя поліграфічного обладнання, що працює за важких умов роботи.

Перелічені порошки вихідних компонентів (металеві — мідь, нікель, олово, та неметалеві — графіт, фторид кальцію) є стандартними порошками, що випускаються в Україні.

2. Після операції просівання порошоків здійснювалось виготовлення шихт.

Виготовлення шихти складу 2 виконували в 2 етапи: 1 етап — «сухе» змішування порошоків Cu і C протягом 2-х годин; 2 етап — «мокре» змішування порошоків міді та графіту з додаванням розчину гліцерину у спирті протягом 2-х годин.

Виготовлення шихти складу 1 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 триетапного змішування дозволяє уникнути сегрегації за густиною окремих порошоків у складі шихтових композицій.

Для одержання якісних (однорідних) сумішей змішування шихтових складів проводили у фарфоровому барабані з нікелевими «йоржками» у банковому змішувачі, із застосуванням технології двостороннього пресування в прес-формах при кімнатній температурі.

3. Зразки пресували із суміші вихідних порошоків складів на гідравлічному пресі ПСУ-125 в прес-формах, виготовлених із загартованих високолегованих сталей або твердих сплавів, що дозволяють одержати виріб заданої форми. Складність процесів пресування пов'язана в основному з розробкою конструкції прес-форм і вибором схеми пресування. Існують різноманітні типи прес-форм залежно від конструкції пресованих виробів і методу пресування. Зазвичай відношення висоти до діаметра втулки допускається не більше 1,5, оскільки від висоти залежить рівномірність розподілу густини у виробі [3, 5].

Пресування зразків дозволяло досягти пористість 15...35 %. Досягнення нижчих значень пористості вимагає застосування повторного циклу допресовки або обтискання після спікання, двократного циклу пресування або спікання, а також інших методів ущільнення.

Величини тиску, застосовані для пресування, залежать від міцності і пластичності матеріалів шихти та їх кількісного співвідношення, наявності мастила, конструкції прес-форм, величини частинок порошку та їх форми, розмірів і форми пресованого виробу та інших чинників. Величини питомого тиску пресування були такими: для складу 1 (табл. 1) 300...500 МПа; для складу 2 (табл. 1) 400...430 МПа.

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

4. Спікання 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). Режимми спікання були такі:

а) для складу $\text{Cu} - \text{C}$: $t = 820...870$ °С;

б) для складу $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{CaF}_2$: $t = 820...870$ °С.

Для матеріалу ДН5КФ9 застосовували додаткову механічну операцію — калібрування за пито-

Таблиця 1

Склади досліджуваних матеріалів, мас. %

№	Матеріал	Cu	Ni	C	CaF_2
1	ДГр10	Основа	—	10	—
2	ДН5КФ9	Основа	5	—	9

мого тиску 840 МПа і відпал при $t = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 1 години у середовищі водню. Зазначені операції проводили для забезпечення мінімальної залишкової пористості.

5. Додаткові операції.

Для складу 2 (ДН5КФ9) здійснювали операцію калібрування при питомому тиску 840 МПа (по упору) і відпалу при $t^{\circ} = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 1 години в середовищі водню.

Основними вимогами, що висуваються до технології виготовлення матеріалів для вузлів тертя, є можлива простота технологічного процесу, його доступність, використання недефіцитної вихідної сировини, допоміжних матеріалів і устаткування, високий рівень механізації і автоматизації. Найбільше поширення у виробництві мають самозмащувальні пористі підшипники ковзання на основі порошків міді і заліза [1], що виготовляються за схемою виробництва виробів методом порошкової металургії.

В результаті виготовлення композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді двох типів: Cu—10 % C (ДГр10) і Cu—5 % Ni—9 % CaF₂ (ДН5КФ9) за розробленими технологічними режимами утворилася складна гетерогенна структура композитів.

Дослідження металографічної структури матеріалів складів Cu—10 % C і Cu—5 % Ni—9 % CaF₂ показало, що структура матеріалів в обох випадках — це α -твердий розчин на основі міді з домішками твердого мастила CaF₂.

У першому випадку — композиційний матеріал ДГр10 містить графіт, який не взаємодіє з міддю, і структура матеріалу є мідною матрицею, з рівномірно розміщеними в ній частками графіту (рис. 1).

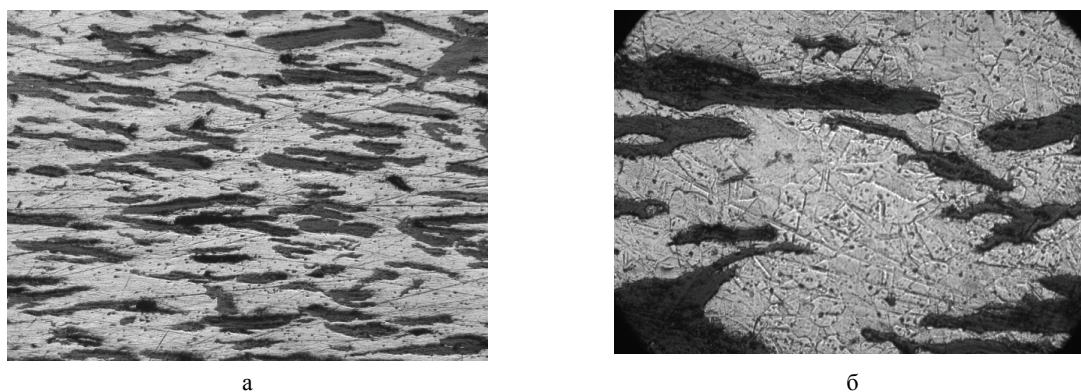


Рис. 1. Мікроструктура композиційного матеріалу Cu + 10 % C (ДГр10):
а — шліф не травлений, $\times 100$; б — шліф травлений, $\times 500$

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

Дослідження структури композиційного матеріалу ДН5КФ9 показало, як видно з рис. 2 та рис. 3, що в структурі матеріалу Cu + 5 % Ni + 9 % CaF₂ спостерігається наявність двох складників — металевої матриці з включеннями рівномірно розташованої фази твердого мастила — фториду кальцію.

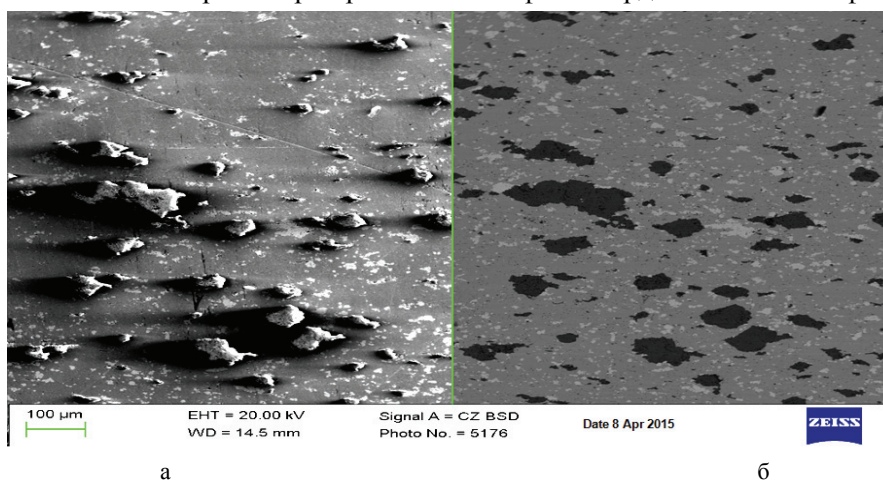


Рис. 2. Растрова електронна мікроскопія композиційного матеріалу Cu — 5 % Ni — 9 % CaF₂ (ДН5КФ9):
а — у вторинних електронах; б — у фазовому контрасті

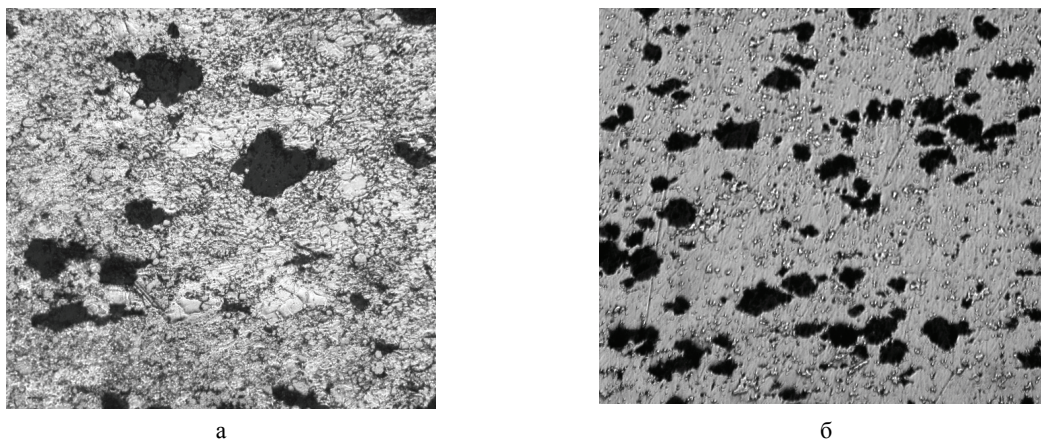


Рис. 3. Мікроструктура композиційного матеріалу Cu—5% Ni—9% CaF₂ (ДН5КФ9):
а — шліф травлений, ×500; б — шліф не травлений, ×100

У свою чергу металева матриця матеріалу є легованим нікелем α -твердим розчином на основі міді з рівномірно розподіленими в ньому виділеннями двох твердих розчинів γ_1 та γ_2 з ГЦК ґраткою, які сформувалися в процесі виготовлення матеріалу, що відповідає діаграмі стану системи Cu—Ni [1]. Матеріал ДН5КФ9 (рис. 2 та рис. 3) містить тверде мастило у вигляді самостійної фази, яка у поєднанні з легованим α – твердим розчином на основі міді, формує гетерогенну структуру, котра є найкращою [5, 6] для забезпечення високих антифрикційних властивостей.

Слід зазначити, що структура обох досліджуваних матеріалів — Cu+ 5% Ni + 9% CaF₂ та Cu + 10% C (рис. 1—3) є дрібнозернистою, що сприяє підвищенню фізико-механічних властивостей.

Наступним кроком було дослідження фазового складу матеріалів і одержані відповідні рентгенограми, вигляд яких зображено на рис. 4 та рис. 5.

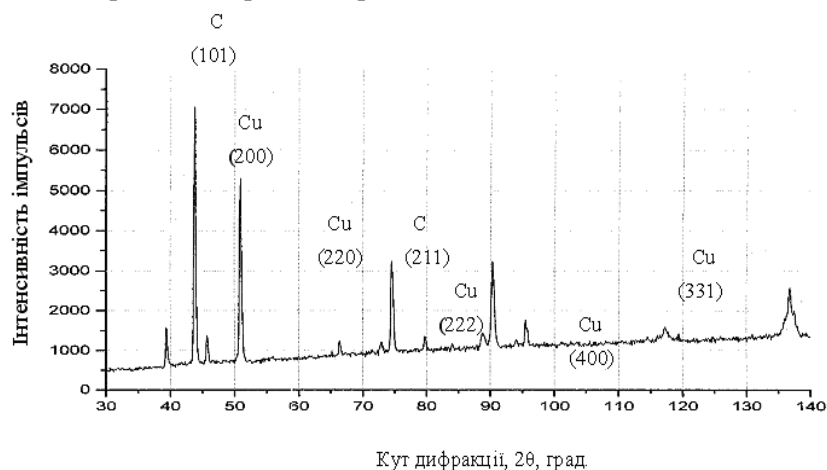


Рис. 4. Рентгенограма матеріалу ДГр10

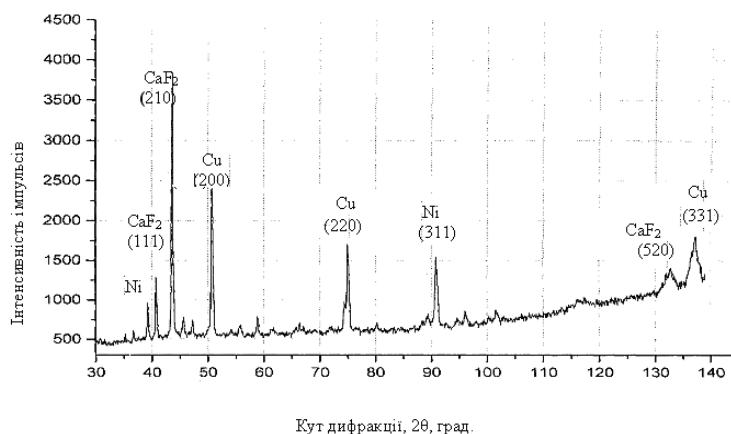


Рис. 5. Рентгенограма матеріалу ДН5КФ9

Як видно з рис. 4 та рис. 5, в матеріалі ДГр10 зафіксовано фази міді та вуглецю, а в матеріалі ДН5КФ9 фази міді, нікелю, CaF_2 . Наявність цих фаз корелює з даними металографічного аналізу (рис. 1—3). Присутні фази твердої змащувальної речовини (C , CaF_2) в структурі матеріалів після технологічних операцій виготовлення перебувають у вихідному стані, що підтверджує їх термічну та хімічну стабільність [6].

Одержана структура і її фазовий склад [2], що було забезпечено застосуванням розробленої технології, надало новим композитам високих триботехнічних властивостей (табл. 2).

Таблиця 2

Триботехнічні властивості досліджуваних підшипників, литого бабіту Б83 і бронзи Бр.ОЦС6-6-3

№ п/п	Марка матеріалу	Швидкість, об./хв.	Навантаження, Р, МПа	Коефіцієнт тертя, f	Лінійний знос зразка, км/км	Масовий знос контргіла, мг/км	Температура зразка, °С	Примітка
1	БрОЦС6-6-3 (лита) [2]	100	3,0	0,098	124	+3,28	370	Тертя з рідким мастилом
2	ДГр10	200	7,5	0,18	35	-0,7	140	Тертя без мастила, на поверхні контргіла видно розділову плівку
3	ДН5КФ9	400	6,5	0,2	48	-2,8	290	Тертя без мастила, на поверхні контргіла видно розділову плівку

Як видно з табл. 2, нові матеріали за функціональними властивостями перевищують відомі, що сприяє зростанню працездатності поліграфічного обладнання.

Висновки

Таким чином, розроблені та відпрацьовані 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, забезпечують одержання структури, яка забезпечує високий рівень функціональних властивостей підшипників ковзання для поліграфічного обладнання. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення функціональних властивостей та їх вплив на експлуатаційні характеристики вузла тертя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Косторнов Л. Г. Триботехническое материаловедение : моногр. — Луганск: изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2012. — 696 с.
2. Білоцький О. В. Рентгеноструктурний аналіз сплавів: атлас рентгенограм / О. В. Білоцький. — К. : НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2014. — 50 с.
3. Зозуля В. Д. Смазки для спечених самосмазуючихся підшипників / В. Д. Зозуля. — К. : Наукова думка, 1976. — 191 с.
4. Роїк Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації : моногр. / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш. — К. : НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2007. — 404 с.
5. Патент України № 40139 МПК(2009), С22С9/02, С22С9/00, С22С1/00, С22С1/04, С22С1/05 Антифрикційний композиційний матеріал / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, В. В. Холявко, Ю. Ю. Віцюк, О. О. Мельник ; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
6. Роїк Т. А. Антифрикційні матеріали для вузлів тертя високошвидкісного поліграфічного обладнання / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш // Технологія і техніка друкарства. — 2007. — № 1—2. — С. 65—73.

Рекомендована кафедрою технології та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 9.06.2015

Віцюк Юлія Юрївна — канд. техн. наук, доцент кафедри репрографії Видавничо-поліграфічного інституту, e-mail: yuliav@bigmir.net.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

Ju. Ju. Vitsiuk¹

Technological methods of improving the efficiency of composite copper-based slide bearings for printing equipment

¹National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

There have been offered the new technological modes of manufacturing the composite copper-based materials with solid lubricant additives which include preparation of raw materials with optimization of materials' composition, mixing, pressing and sintering. The developed technology is capable to ensure a high level of functional properties of bearings designed to work in friction units of printing equipment.

Keywords: technological modes, composite copper-based material, solid lubricant, slide bearings, printing equipment.

Vitsiuk Julia. Ju. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Reprographics of Publishing and Printing Institute, e-mail: yuliav@bigmir.net

Ю. Ю. Вицюк¹

Технологические методы повышения работоспособности композиционных подшипников скольжения на основе меди для полиграфического оборудования

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Предложены новые технологические режимы изготовления композиционных подшипников скольжения из материалов на основе меди с примесями твердой смазки, которые включают в себя подготовку исходного сырья с оптимизацией состава, смешивание, прессование и спекание. Разработанные технологические режимы обуславливают формирование структуры, способной обеспечить высокий уровень эксплуатационных свойств подшипников скольжения, которые применяются в узлах трения полиграфического оборудования.

Ключевые слова: технологические режимы, композиционный материал на основе меди, твердая смазка, подшипники скольжения, полиграфическое оборудование.

Вицюк Юлия Юрьевна — канд. техн. наук, доцент кафедры репрографии Издательско-полиграфического института, e-mail: yuliav@bigmir.net