

УДК 621.002.3:621.89

### ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

© Ю. Ю. Віцюк, аспірантка, Т. А. Роїк, д.т.н., професор,  
А. П. Гавриш, д.т.н., професор, О. О. Мельник, аспірантка,  
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**В статье представлены разработанные новые технологические режимы изготовления композиционных высокоскоростных материалов на основе меди и их влияние на физико-механические и антифрикционные свойства материалов.**

**In the article new making technological operations of composite high-speed materials based on copper and their influence on the physico-mechanical, antifrictional properties have been presented.**

#### Постановка проблеми

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.

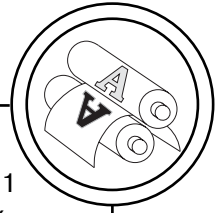
#### Аналіз попередніх досліджень

Вдосконалення роботи вузлів тертя є важливим завданням, оскільки саме від їх роботи залежить надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтнопридат-

ність поліграфічного обладнання в цілому. 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 [1, 2].

Серед великої множинності антифрикційних композиційних матеріалів, що призначені для найрізноманітніших умов роботи, окреме місце займають матеріали, які за режимами експлуатації піддаються високим

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



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 [2].

### Мета роботи

Дослідження впливу технологічних режимів виготовлення на структуру і властивості композиційних високошвидкісних

Таблиця 1  
Хімічний склад досліджуваних матеріалів, мас. %

№	Ма-теріал	Cu	Ni	C	CaF <sub>2</sub>
1	ДГр10	основа	—	10	—
2	ДН5КФ9	основа	5	—	9

матеріалів на основі міді для поліграфічного обладнання, що містять тверді змащувальні речовини CaF<sub>2</sub> і графіт.

### Результати проведених досліджень

Об'єктами дослідження було обрано матеріали наступних складів, представлених в табл. 1.

Основними вимогами, що висуваються до технології виготовлення матеріалів для вузлів тертя поліграфічного обладнан-

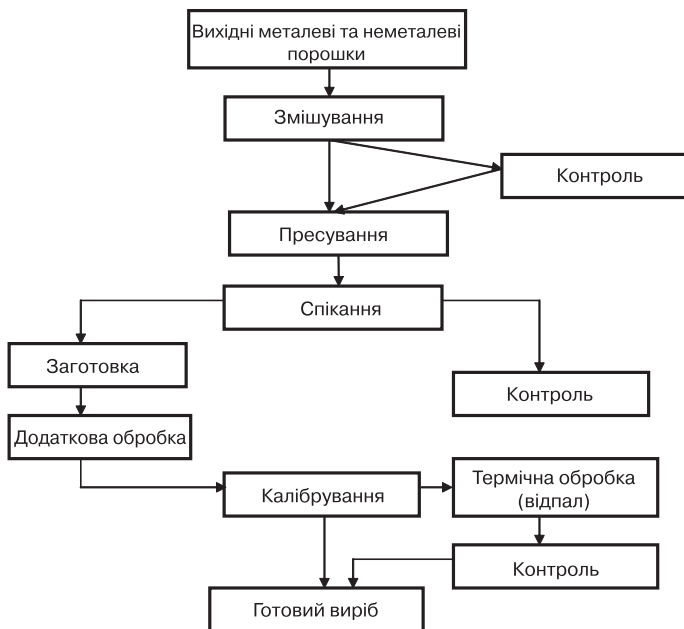
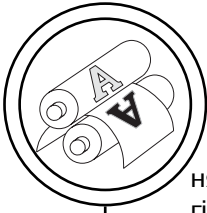


Рис. 1. Загальна схема процесу виготовлення композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

ня, є можлива простота технологічного процесу, його доступність, застосування недефіцитної вихідної сировини, допоміжних матеріалів і устаткування, високий рівень механізації і автоматизації. Найбільше поширення у виробництві мають самозмащувальні пористі підшипники ковзання на основі порошоків міді [3], що виготовляються по схемі виробництва виробів методом порошкової металургії (рис. 1).

Загальна схема процесів одержання матеріалів на основі міді наведена на рис. 1.

При виготовленні зразків застосовували двостороннє пресування. Величини питомого тиску пресування, за результатами експериментів, складали для складу 1 (табл. 1): 300-500 МПа; для складу 2: 400-430 МПа.

В даній роботі спікання проводили в лабораторній пічі СНОЛ 1.1 з продуванням захисного газу ( $H_2$ ) для виключення можливого окислення зразків. Зразки поміщали у контейнер із засипкою глинозема ( $Al_2O_3$ ).

Режими спікання були наступні:

1. Для складу  $Cu - C$ :  $t^\circ = 820-870^\circ C$ ;

2. Для складу  $Cu - Ni - CaF_2$ :  $t^\circ = 820-870^\circ C$ .

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

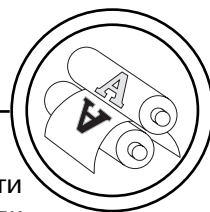
Дослідження металографічної структури матеріалів показало, що структура матеріалів в обох випадках — це  $\alpha$ -твердий розчин на основі міді з домішками твердого мастила. В першому випадку — композиційний матеріал ДГр10 містить графіт, який не взаємодіє з міддю, і структура матеріалу являє собою мідну матрицю з залягаючими в ній рівномірно розміщеними частками графіту, що показано на рис. 2, а.

Як видно з рис. 2, б, металева матриця матеріалу  $Cu + 5\% Ni + 9\% CaF_2$  являє собою легований нікелем  $\alpha$ -твердий розчин на основі міді з рівномірно розподіленими в ньому виділеннями двох твердих розчинів  $\gamma_1$  та  $\gamma_2$  з ГЦК ґраткою, які сформувалися в процесі виготовлення ма-



Рис. 2. Мікроструктура композиційного матеріалу складу: а —  $Cu + 10\% C$  (ДГр10); б —  $Cu - 5\% Ni - 9\% CaF_2$  (ДН5КФ9),  $\times 500$

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



теріалу, що відповідає діаграмі стану системи Cu-Ni [4]. Матеріал ДН5КФ9 (рис. 2, б) містить тверде мастило у вигляді самостійної фази, яка у поєднанні з легованим  $\alpha$ -твердим розчином на основі міді, формує гетерогенну структуру, котра є найкращою [3, 4] для забезпечення високих антифрикційних властивостей.

Отримана гетерогенна структура забезпечила надання матеріалам високого рівня фізико-механічних та триботехнічних властивостей.

Фізико-механічні властивості визначали за стандартною методикою [4], значення яких наведено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, матеріал ДН5КФ9 має невелику пористість, але при цьому він має більшу твердість у порівнянні з відомим бабітом і має більш високу ударну в'язкість.

Матеріал ДГр10 має більшу пористість у порівнянні з ДН5КФ9. При цьому в нього менша твердість та ударна в'язкість. ДГр10, як більш м'який матеріал, при взаємодії з матеріалами контр-

тіла в вузлах тертя повинен мати більші переваги, оскільки, як відомо [2—4], при роботі з твердим контртілом може забезпечити високі триботехнічні властивості.

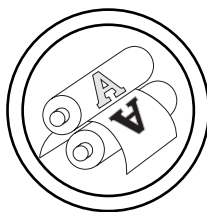
Властивості матеріалів 1-2 (табл. 2) за своїми фізико-механічними параметрами не поступаються властивостям відомого бабіту Б83, який застосовується за аналогічних умов роботи, а за деякими міцностними характеристиками перевищують їх, що робить досліджені матеріали більш перспективними для застосування.

Для триботехнічних випробувань використовували машину тертя ВМТ-1, швидкість ковзання складала 6,4 м/с, питоме навантаження 18-38,5 МПа, контртіло — сталь 20Х (HRC<sub>9</sub> = 51-55). Результати триботехнічних випробувань наведено у табл. 3.

Як видно з даних табл. 3, матеріал ДГр10 має низькі значення коефіцієнту тертя та зносу при аналогічних умовах випробування з бабітом Б83 (навантаження 18 МПа), а при більш високих навантаженнях (38,5 МПа)

Таблиця 2  
Фізико-механічні властивості досліджуваних композиційних матеріалів

№ п/п	Склад, мас. %	Пористість, %	Твердість, НВ, МПа	Ударна в'язкість, КС, Дж/м <sup>2</sup>	Межа міцності на вигин, $\sigma_B$ , МПа	Межа міцності при радіальному стисненні, $\sigma_{ст}$ , МПа
1	ДН5КФ9	6,2-7,1	519-625	1,5	180-240	279
2	ДГр10	9-9,5	296	0,18	190-200	94
3	Б83 [4]	0	300	—	210	—



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Таблиця 3

Триботехнічні властивості досліджуваних матеріалів  
та литого бабіту Б83

№ п/п	Марка матеріалу	Питоме навантаження, Р, МПа	Коефіцієнт тертя, f	Лінійний знос зразка, мкм/км	Температура зразка, °С	Примітка
1	Б83	18,0	0,028	7	51	Тертя з рідким мастилом
2	Б83	23,5	0,073	9	60	
3	Б83	38,5	пластичне деформування		164	—
4	ДГр10	18,0	0,034	5	43	Тертя з мастилом, на поверхні контртіла видно розділову плівку
5	ДГр10	38,5	0,051	15,4	80	
6	ДН5КФ9	18,0	0,16	30	130	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку
7	ДН5КФ9	38,5	0,2	46	280	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку

бабіт Б83 стає не працездатним. В той час, як досліджувані матеріали ДГр10 і ДН5КФ9 при високих навантаженнях демонструють низькі значення коефіцієнту тертя та величину зношування [3].

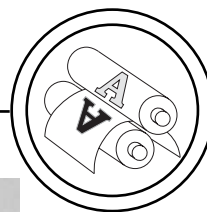
Матеріали, що містять тверду змазку графіт і  $\text{CaF}_2$  мають переваги перед бабітом Б83 ще в тому, що у разі припинення подачі мастила стабільно працюють завдяки утворенню розділових плівок тертя.

Температури в зоні тертя при високих навантаженнях на пару тертя можуть досягати вершин більше 130 °С, але завдяки високій теплопровідності матеріалів на основі міді (на відміну від бабіту), досягається інтенсивне відведення тепла із зони тертя.

Результати триботехнічних випробувань (табл. 3) показали, що композиційні матеріали ДГр10 і ДН5КФ9 [3, 4] по рівню антифрикційних властивостей в важких умовах праці значно перевершують литий бабіт Б83. Наявність графіту та  $\text{CaF}_2$  забезпечує перенос матеріалу твердої змазки на робочу поверхню контртіла, про що свідчить утворення розділових антизадирних плівок. Це може забезпечити безперебійну роботу вузла тертя при раптовому припиненні подачі змащувального мастила чи інших аварійних ситуаціях.

Загальний вид робочих поверхонь після триботехнічних випробувань матеріалу ДГр10 і контртіла зі сталі 20Х зображено на рис. 4.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



Після триботехнічних випробувань (рис. 4) має місце наявність гладких, рівних і однорідних поверхонь тертя (як на робочій поверхні зразка з матеріалу ДГр10, так і на контртілі), відсутні сліди захоплювань, глибоких виривів і підплавлень, що свідчить про стабільну роботу матеріалів при важких умовах навантаження на пару тертя.

### Висновок

Таким чином, на основі проведених експериментів можна визначити та рекомендувати оптимальні умови експлуатації матеріалів на основі міді для, що містять тверді змащувальні речовини  $\text{CaF}_2$  і графіт, та значно підвищити надійність та довговічність високооберткових вузлів тертя і всього агрегату у цілому,

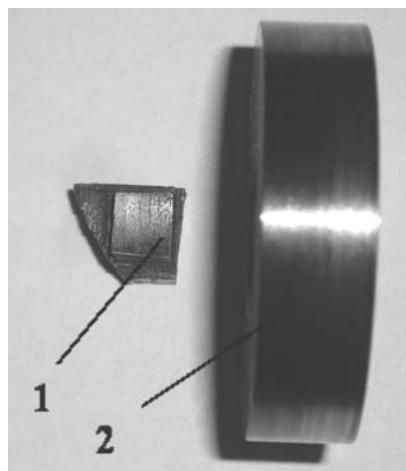


Рис. 4. Поверхня тертя підшипника з матеріалу ДГр10 (1) і контртілі зі сталі 20Х (2) після триботехнічних випробувань

про що свідчать результати промислових натурних випробувань на Сумському НВП «ТРИЗ».

1. Жидецький Ю. Ц. Поліграфічні матеріали / Ю. Ц. Жидецький. — Львів : Афіша, 2001. — 327 с. 2. Гавенко С. Оздоблення друкованої продукції: технологія, устаткування, матеріали / С. Гавенко, Е. Лазаренко. — Київ-Львів, 2003. — 180 с. 3. Пат. № 41532 України, МПК (2009), С22С33/02. Підшипниковий композиційний матеріал / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, В. В. Холявко, О. О. Мельник, О. С. Луфєренко; власник НТУУ «КПІ». — № u200814923; заявл. 24.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10. 4. Роїк Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш. — К. : НТУУ «КПІ», 2007. — 404 с.

Рецензент — О. І. Юркова,  
д.т.н., професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 14.01.10