

М. Г. Аскеров<sup>1</sup>

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ НОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ТЕХНІКИ

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

*Подані результати досліджень впливу технологічних режимів виготовлення з подальшою фінішною обробкою робочих поверхонь нових композиційних антифрикційних металополімерних матеріалів для підшипників ковзання ротаційних офсетних машин. Показано можливості технологічного забезпечення високих функціональних властивостей нових ефективних композиційних деталей тертя для поліграфічних машин.*

**Ключові слова:** технологія виготовлення, композиційний металополімерний матеріал, фінішна обробка, підшипник ковзання, властивості, поліграфічні машини.

## Вступ

Вимоги до антифрикційних матеріалів визначаються умовами їх роботи і варіюються в широких межах. Крім певних властивостей, що забезпечують їх працездатність в певних умовах, вони повинні мати і низку інших якостей, необхідних для всіх матеріалів тертя. До них відносяться: низькі коефіцієнти тертя і висока зносостійкість; оптимальна об'ємна і поверхнева міцність, що поєднує високу міцність поверхневого шару з легкою припрацьовуваністю пари тертя; висока втомна міцність; здатність утворювати шар вторинних структур, що оберігає тертьові поверхні матеріалів від схоплювання; наявність у матеріалі запасу твердого чи рідкого мастила; економічність і технологічність у виготовленні і т. п. [1—4].

Разом з цим від матеріалів конкретного призначення вимагається наявність спеціальних властивостей. Так, матеріали для антифрикційних деталей важконавантажених вузлів тертя, зокрема для вузлів тертя високошвидкісних поліграфічних машин, таких як KBA Rapida, PLAMAG Rondoset, де традиційно використовуються підшипники на основі литих олов'янистих бронз (БрОЦС5-5-5 та ін.), повинні мати достатньо високу об'ємну механічну міцність [4].

Широке застосування антифрикційних матеріалів в підшипниках ковзання висуває питання про необхідність економії дефіцитних кольорових металів, впровадження повноцінних замінників, безолов'яних сплавів і максимального скорочення витрати їх на одиницю виробу.

Боротьба з втратами на тертя і зношування рухомих зчленувань машин і механізмів поліграфічного обладнання є одним з найсерйозніших завдань сучасного поліграфічного машинобудування та машинобудівної галузі в цілому [2].

У зв'язку з цим розробці та вдосконаленню матеріалів тертя, особливо антифрикційних, приділяється постійна і пильна увага дослідників і технологів.

Слід зазначити, що за всіх технічних, технологічних і експлуатаційних переваг литі матеріали на основі міді, що застосовуються у вузлах тертя ротаційних машин офсетного друку, мають низку недоліків — їм притаманна недостатня зносостійкість і вони є вартісними [2, 4]. Тому розробка нових технологій виготовлення з подальшою механічною обробкою робочих поверхонь композиційних металополімерних підшипників для поліграфічних машин, здатних забезпечити отримання високих функціональних характеристик деталей і сприяти суттєвому підвищенню їх зносостійкості, а відтак, і всієї машини в цілому, є актуальним науково-технічним завданням, що потребує проведення широкого комплексу досліджень.

*Метою роботи є встановлення закономірностей впливу технологічних режимів виготовлення композиційних металополімерних антифрикційних деталей з подальшою прецизійною обробкою їх робочих поверхонь на формування структури і комплексу властивостей нових деталей для поліграфічних машин офсетного друку.*

## Результати досліджень

У вузлах тертя багатьох агрегатів сучасної техніки допускається застосування підшипників у вигляді згорнутих втулок, виготовлених зі стрічкових матеріалів. У цій роботі поставлена задача розробки технології виготовлення тришарової стрічки з металополімерного матеріалу, що включає алюмінієву основу і антифрикційний робочий шар з пористого бронзового каркаса, просоченого наповненим фторопластом-4. З відомих методів для отримання тришарової антифрикційної стрічки найбільше підходить метод прокатки. Для відпрацювання технології отримання стрічки виготовлені смуги алюмінію з розмірами  $125 \times 75 \times 1$  мм і  $125 \times 75 \times 4$  мм, смуги пористого бронзового каркаса з розмірами  $125 \times 75 \times 2$  мм і смуги наповненого фторопласта (спечені і не спечені) з розмірами  $125 \times 75 \times 0,5$  мм (рис. 1). Відпрацювання режимів прокатки проводилося на прокатному стані ДУО-300 з діаметром валків 300 мм. Для нагріву смуг безпосередньо перед прокаткою спроектовано та виготовлено спеціальний нагрівальний пристрій, що дозволяє забезпечити нагрів смуг до  $400^\circ\text{C}$  і валків до  $200^\circ\text{C}$ . Зазори між валками вибиралися такими, щоб забезпечити ступінь обтиску зразків 33 %, 50 % і 66 %. Температура  $400^\circ\text{C}$  задавалася з тих міркувань, що при цій температурі алюміній перебуває у високопластичному стані. Товщина алюмінієвої смуги 1 мм вибрана на тій підставі, що тонкі тришарові стрічки технологічніші при виготовленні згорнутих втулок. Алюмінієва смуга товщиною 4 мм призначена для виготовлення зі стрічки вкладишів з великим радіусом кривизни. Аналіз результатів експерименту показав, що оптимальним є ступінь обтиску 50 %, хоча при цьому і спостерігається деяке змінання пористого каркаса.

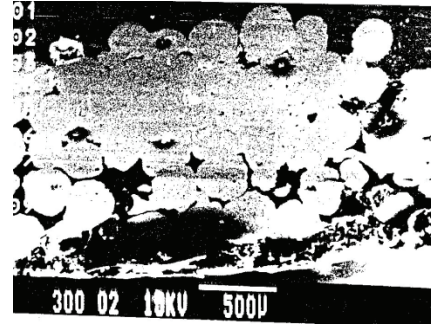


Рис. 1. Структура тришарової стрічки після прокатки (знімок отриманий з використанням растрового мікроскопа)

З метою усунення змінання пористого каркаса і підвищення міцності вирішено для виготовлення тришарової стрічки використовувати зміцнений бронзовий шар.

Зміцнення бронзового шару проводилося шляхом введення в нього частинок нержавіючої сталі Х18Н15 і стеліту Пр-ВЗК. Підготовлені бронзові зміцнені смуги у поєднанні з алюмінієвими і фторопластовими смугами піддавали прокатці за відпрацьованими раніше технологічним режимам. Спостерігалось повне заповнення западин рельєфу матеріалом алюмінієвої основи з одного боку і наповненим фторопластом з іншого боку бронзового зміцненого шару. Для визначення міцності зчеплення шарів тришарову композиційну стрічку піддавали випробуванням на згин. В результаті випробувань встановлено, що при згині стрічки під кутом  $45^\circ$  якісні характеристики зчеплення однакові для матеріалів, які містять пористий бронзовий шар, і для матеріалів, що містять зміцнений бронзовий шар. За подальшого згинання міцність зчеплення зміцненого бронзового шару, що містить 30 % нержавіючої сталі з алюмінієвою основою, була дещо менше, ніж у всіх інших випадках. Це слід враховувати при виготовленні згорнутих втулок малих діаметрів.

На рис. 2, 3 показано результати досліджень триботехнічних характеристик стрічок з пористим бронзовим каркасом без включень, і з твердими включеннями нержавіючої сталі Х18Н15.

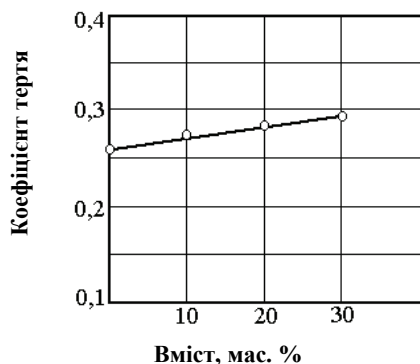


Рис. 2. Вплив вмісту нержавіючої сталі Х18Н15 на коефіцієнт тертя тришарової стрічки

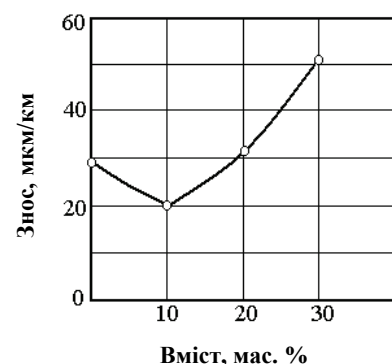


Рис. 3. Вплив вмісту нержавіючої сталі Х18Н15 на знос тришарової стрічки

Випробування проводили з швидкістю ковзання  $1,0$  м/с, навантаженням  $3$  МПа на повітрі без мастила.

В результаті досліджень встановлено, що зміна вмісту включень практично не впливає на коефіцієнт тертя матеріалу (рис. 2). Оптимальну зносостійкість має матеріал, що містить 10 % включень (рис. 3). У цьому випадку позитивний ефект надає додаткова технологічна обробка, яка полягає в тому, що стрічка піддається додатковій деформації у процесі прокатки рифленими валками. Ця додаткова обробка є ефективною в області невисоких вмістів включень, в якій досягається якісніше заповнення мікронерівностей включень бронзою, що сприяє фіксації включень у матриці в процесі тертя.

Застосування антифрикційних металополімерних матеріалів для підшипників в сучасних поліграфічних машинах є найефективнішим, коли необхідно отримати найвищі параметри надійності машин і приладів, в першу чергу, зносостійкості, довговічності і ремонтпридатності, в умовах роботи деталей пар тертя в екстремальних режимах експлуатації (питомі тиски в межах 2...5 МПа, агресивне зовнішнє середовище — кисень повітря, виробничий пил з абразивними властивостями та ін.). Особливе значення це має для забезпечення вимог працездатності підшипників ковзання, що працюють при швидкостях 1,0...15 м/с [1, 3].

Слід особливо підкреслити значення таких параметрів якості як шорсткість поверхонь обробки  $Ra$ , глибина і ступінь наклепу, величина і знак залишкових напружень поверхневого шару, а також глибини проникнення їх у матеріал антифрикційної деталі.

Оскільки необхідна якість машин визначається високою якістю деталей, що входять до їх складу (наприклад, параметр шорсткості  $Ra$  їх поверхонь повинен відповідати показникам на рівні 0,020...0,250 мкм, ступінь наклепу — в межах  $K = 1,01...1,10$ , глибина наклепу  $h$  — менше 1...1,5 мкм), то для досягнення цих високих вимог в якості фінішних операцій доцільно застосовувати сучасні методи прецизійної абразивної обробки — тонке абразивне, алмазне, ельборове і боразонове шліфування, а також (для досягнення найвищих параметрів якості) — прецизійну машинну доводку, суперфінішування і хонінгування [1, 3—4].

Доцільно зазначити, що, незважаючи на тонкі, оздоблювальні режими різання, всі фінішні методи прецизійної обробки пов'язані зі зрізанням найтонших за своїм перетином мікростружок. Це пов'язане з виникненням в зоні різання відповідних складових сил різання і миттєвих контактних температур, що зумовлює формування залишкових напружень і, отже, веде до істотної зміни вихідних властивостей антифрикційних матеріалів (саме у поверхневих робочих шарах), які були синтезовані для забезпечення високих параметрів зносостійкості при терті деталей у вузлах ротаційних машин офсетного друку.

Для експериментальних робіт використовувалися зразки у вигляді дисків діаметром 20 мм і товщиною 1 мм з металополімерних антифрикційних матеріалів на основі олов'янистої бронзи БрО10 з включеннями порошоків з нержавіючої сталі Х18Н15 з 10 % і 30 %-ю концентрацією, а також стеліту Пр-ВЗК.

Для тонкого шліфування застосовували дрібнозернисті абразиви на основі карбїду кремнію зеленого (63С) зернистістю 50, 28, 20, 14 і 7 мкм. Для порівняння окремі зразки були оброблені абразивними кругами на основі електрокорунду білого (23А) зернистістю 50, 28 і 7 мкм і монокорунду (М28) зернистістю 28 мкм. Більшість абразивних кругів виготовлено на гліфталевій (Гл) зв'язці. Окремі зразки оброблені кругами на керамічній зв'язці К.

Основний обсяг досліджень виконано інструментами з нових надтвердих матеріалів (НТМ). Для алмазного, боразонового, кубонітового та ельборового шліфування використані круги зернистістю 7, 14, 28, 60 і 100 мкм на зв'язках КБ, Б1, Б3, Бр 100 % і 50 %-ї концентрації форми ПП і чашкового типу (Україна, ІНМ НАН України і «GeneralElectric», США). Для тонкого шліфування з оздоблювальними режимами різання, вибрано прецизійний плоскошліфувальний верстат FF-350 фірми «Abawerk» (ФРН). Для зовнішнього круглого шліфування застосовувався прецизійний круглошліфувальний верстат моделі SU-12 (ФРН). Шліфування виконувалось абразивними, алмазними, ельборовими і боразоновими кругами [4].

Результати досліджень параметра шорсткості  $Ra$  за різних режимів плоского шліфування зразків з триботехнічних матеріалів на основі бронзи БрО10 з вмістом 10 % порошоків з нержавіючої сталі Х18Н15 подані в таблиці, використовували верстат FF-350 «Abawerk» (ФРН), круг ВоМ14GB 100 %-ї концентрації на зв'язці Бр, швидкість круга — 22 м/с. Обробка здійснювалася без охолодження.

Як видно з даних табл., при тонкому шліфуванні металополімерних антифрикційних матеріалів інструментами з НТМ шорсткість поверхні зростає з інтенсифікацією режимів обробки. При цьому точність обробки від режимів шліфування практично не залежить.

**Параметр шорсткості  $Ra$  за різних режимів плоского шліфування зразків з триботехнічних матеріалів на основі бронзи БрО10 з вмістом 10 % порошків з нержавіючої сталі Х18Н15**

Поперечна подача $S_p$ , мм/подв.х.	Швидкість виробу (поздовжня подача) $V_p$ , мкм	Глибина шліфування, мм							
		0,002		0,01		0,02		0,05	
		$Ra$ , мкм	$\sigma_R$	$Ra$ , мкм	$\sigma_R$	$Ra$ , мкм	$\sigma_R$	$Ra$ , мкм	$\sigma_R$
0,1	2	0,258	0,002	0,320	0,002	0,413	0,005	0,653	0,012
	5	0,270	0,011	0,352	0,005	0,412	0,002	0,685	0,010
	10	0,321	0,012	0,400	0,002	0,515	0,011	0,719	0,012
	15	0,330	0,013	0,423	0,011	0,547	0,013	0,865	0,018
0,2	2	0,332	0,002	0,401	0,011	0,530	0,010	0,874	0,020
	5	0,351	0,002	0,430	0,014	0,559	0,014	0,934	0,024
	10	0,410	0,011	0,419	0,011	0,653	0,014	1,058	0,039
	15	0,414	0,014	0,512	0,016	0,675	0,016	1,281	0,045
0,5	2	0,510	0,005	0,604	0,002	0,841	0,010	1,401	0,018
	5	0,541	0,005	0,651	0,005	0,890	0,010	1,575	0,023
	10	0,626	0,010	0,732	0,010	1,013	0,014	1,798	0,051
	15	0,650	0,014	0,800	0,014	1,084	0,016	1,020	0,073
0,7	2	0,658	0,002	0,742	0,008	1,129	0,015	1,665	0,011
	5	0,670	0,005	0,791	0,012	1,100	0,012	1,810	0,038
	10	0,764	0,011	0,879	0,012	1,235	0,023	2,107	0,029
	15	0,815	0,016	0,955	0,016	1,350	0,031	2,315	0,057
1	2	0,793	0,018	0,898	0,017	1,252	0,079	1,923	0,098
	5	0,821	0,013	0,954	0,025	1,368	0,034	2,100	0,087
	10	0,927	0,021	1,075	0,020	1,541	0,120	2,405	0,112
	15	1,033	0,034	1,155	0,063	1,692	0,141	2,610	0,175

*Примітки:* 1. Кількість дослідів в кожному досліджуваному варіанті — 5; 2.  $Ra$  — середнє арифметичне значення висоти нерівностей; 3.  $\sigma_R$  — середньоквадратичне відхилення  $Ra$ .

Дослідження показали, що висота нерівностей, точність обробки, наклеп при тонкому шліфуванні значною мірою визначаються характеристикою інструменту з надтвердих матеріалів.

Встановлено, що застосування при шліфуванні кругів на еластичних зв'язках забезпечує отримання нижчої шорсткості поверхні і меншого наклепу у порівнянні з обробкою абразивами на керамічній зв'язці.

Шліфування абразивами на основі ельбору (ЛО), боразону (Во) і синтетичних алмазів (АС) забезпечує обробку з меншою висотою нерівностей і меншим наклепом, ніж кругами на основі карбиду кремнію зеленого (БЗС). Зі зменшенням зернистості абразивів шорсткість поверхні зменшується, точність обробки поліпшується, наклеп зменшується.

Тонке ельборове шліфування кругами ЛОМ14Бр1 100 % забезпечує отримання шорсткості поверхні  $Ra$  в межах близько 0,100 мкм, неплоскостності 0,1...0,5 мкм.

### Висновки

В результаті проведення комплексу технологічних, фізичних і трибологічних досліджень встановлено, що метод прокатки дозволяє отримувати тришарову композиційну металополімерну стрічку на алюмінієвій підкладці з високими експлуатаційними властивостями.

Проведено комплекс досліджень зі зміцнення бронзової основи матеріалу введенням в матеріал твердих частинок і додаткової технологічної обробки.

Показано, що при ступені обтиснення 50 % алюмінію з одного боку, наповнений фторопласт з іншого боку досить добре проникають в пористий бронзовий каркас, а також у поверхневі пори і заглибини на рифленій поверхні зміцненого бронзового шару.

Встановлено, що при тонкому шліфуванні металополімерних антифрикційних матеріалів інструментами з НТМ шорсткість поверхні зростає з інтенсифікацією режимів обробки. При цьому точність обробки від режимів шліфування практично не залежить. Висота нерівностей, точність обробки, наклеп при тонкому шліфуванні значною мірою визначаються характеристикою інструмента з надтвердих матеріалів.

Показано, що застосування шліфувальних кругів на еластичних зв'язках забезпечує отримання нижчої шорсткості поверхні і меншого наклепу у порівнянні з обробкою абразивами на керамічній зв'язці.

Шліфування абразивами на основі ельбору (ЛЮ), боразону (Во) і синтетичних алмазів (АС) забезпечує обробку з меншою висотою нерівностей і меншим наклепом, ніж кругами на основі карбіду кремнію зеленого (63С). Зі зменшенням зернистості абразивів шорсткість поверхні зменшується, точність обробки поліпшується, наклеп зменшується.

Тришарова композиційна стрічка із зміцненим бронзовим шаром може бути рекомендована для виготовлення згорнутих втулок, призначених для роботи за великих навантажень і швидкостей у вузлах тертя ротаційних машин офсетного друку.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації : моногр. / [А. П. Гавриш, О. О. Мельник, Т. А. Роїк та ін.] — К. : НТУУ «КПІ», 2012. — 196 с.
2. Косторнов Л. Г. Триботехническое материаловедение : моногр. / Л. Г. Косторнов — Луганск : изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2012. — 696 с.
3. Обеспечение качества поверхностей деталей из магнитомягких сплавов прецизионной доводкой : моногр. / [Т. А. Роїк, П. А. Киричок, А. П. Гавриш, М. Г. Аскеров, и др.] — К. : НТУУ «КПИ», 2013. — 233 с.
4. Антифрикційні матеріали для вузлів тертя високошвидкісного поліграфічного обладнання / [Т. А. Роїк, П. А. Киричок, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш] // Технологія і техніка друкарства. — 2007. — № 1—2. — С. 65—73.

Рекомендована кафедрою технологія підвищення зносостійкості ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015

**Аскеров Мукафат Гебат огли** — канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу диспергування матеріалів і пластичної деформації прокаткою ІПМ ім. И. Н. Францевича НАН України, e-mail: mukafat\_ask@mail.ru.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

**M. G. Askerov<sup>1</sup>**

### Technological providing of the quality parameters of new composite antifriction metalpolymer parts for printing equipment

<sup>1</sup>I. M. Frantsevych Institute for Problems of Material Science of the National Academy of Science of Ukraine

*The research results of the influence of making technology with followed finishing of working surfaces of new composite materials for antifriction metalopolymer bearings for rotary offset machines have been presented in the paper. It was shown the possibilities of technological support of highfunctional properties of new effective composite friction parts for printing machines.*

**Keywords:** making technology, composite metalpolymer material, finishing, slide bearing, properties, printing equipment.

**Askerov M. G.** — Cand. Sc. (Eng.), Senior Research Assistant of the Department of Dispergating of Materials and Flowage Rolling, e-mail: mukafat\_ask@mail.ru

**М. Г. Аскеров<sup>1</sup>**

### Технологическое обеспечение параметров качества новых композиционных антифрикционных металлополимерных деталей для полиграфической техники

<sup>1</sup>Институт проблем материаловедения им. И. М. Францевича НАН Украины, Киев

*Представлены результаты исследований влияния технологических режимов изготовления с дальнейшей финишной обработкой рабочих поверхностей новых композиционных антифрикционных металлополимерных материалов для подшипников скольжения ротационных офсетных машин. Показаны возможности технологического обеспечения высоких функциональных свойств новых эффективных композиционных деталей трения для полиграфических машин.*

**Ключевые слова:** технология изготовления, композиционный металлополимерный материал, финишная обработка, подшипник скольжения, свойства, полиграфические машины.

**Аскеров Мукафат Гебат огли** — канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела диспергирования материалов и пластической деформации прокаткой ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины, e-mail: mukafat\_ask@mail.ru