

УДК 621.923.04

О.О. Мельник асп., Ю.Ю. Віцюк, асп., А.П. Гавриш проф., Т.А. Роїк проф.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МАГНІТНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ПІДШИПНИКІВ

В данній статтє исслєдуєтєя новий високоскоростной подшипниковый материал на основе меди ДН5КФ9 и обеспечение параметров качества поверхностного слоя при магнитно-абразивной обработке.

In the article new high-speed material based on copper ДН5КФ9 and providing of quality of surface layer at magnetic abrasive finishing have been presented.

Однією з основних проблем в поліграфічному машинобудуванні є високошвидкісні опорні вузли обертання. Ця проблема є актуальною. Оскільки середній термін служби підшипника ковзання в поліграфічній машині складає 8 –12 місяців між замінами, тому підвищення надійності та строку служби цих вузлів є складною та актуальною науковою задачею [1-3].

Метою досліджень є визначення впливу виготовлення, магнітно-абразивної обробки та режимів експлуатації на службові властивості високошвидкісних підшипників ковзання для поліграфічної техніки.

Об'єктом дослідження було обрано нові високошвидкісні підшипникові матеріали на основі міді ДН5КФ9 (Cu – 5 %Ni – 9 % CaF₂), що містять тверду змащуючу речовину – фторид кальцію. Матеріали одержували методом порошкової металургії шляхом змішування, пресування та спікання. Спікання проводили в лабораторній печі СНОЛ 1.3 з продуванням захисного газу (H₂) для виключення можливого окиснення зразків. Режими спікання були 820 – 870 °С. Для забезпечення мінімальної залишкової пористості для матеріалу ДН5КФ9 застосовували додаткову механічну операцію – калібрування при питомому тиску 840 МПа і відпал при t = 450 °С протягом 1 години у середовищі водно.

Отриману металографічну структуру досліджували за допомогою фотомікроскопа відбитого світла «Neophot-32» (Німеччина) з максимальною роздільною здатністю. Металографічна структура матеріалу з 9 % вмістом фториду кальцію зображена на рис. 1.

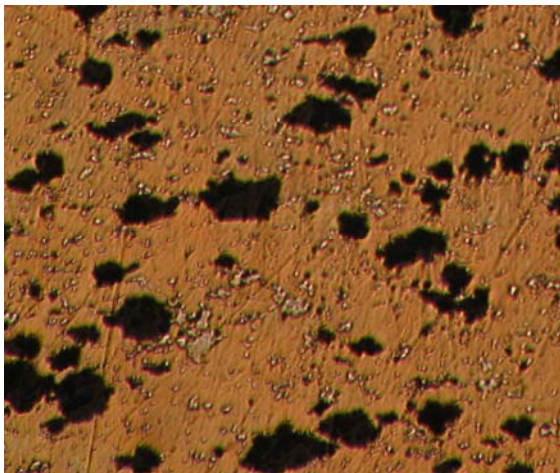


Рис. 1. Структура матеріалу Cu – 5 %Ni – 9 % CaF₂ після термічної обробки, шліф нетрав., x100

Як видно з рис. 1, металева матриця матеріалу являє собою легований нікелем α -твердий розчин 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. Матеріал ДН5КФ9 містить тверде мастило у вигляді самостійної фази, яка у поєднанні з легованим α – твердим розчином на основі міді, формує гетерогенну структуру, котра є найкращою 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, значення яких наведено в табл. 1.

Як видно з табл. 1, матеріал ДН5КФ9 має невелику пористість, але при цьому він має більшу твердість у порівнянні з відомим бабітом і має більш високу ударну в'язкість. Властивості матеріалу ДН5КФ9 за своїми фізико-механічними параметрами не поступаються властивостям відомого бабіту Б83, а за деякими

міцнісними характеристиками перевищують їх, що робить досліджені матеріали більш перспективними для застосування.

Окрім властивостей безпосередніх характеристик матеріалу контактуючих пар терття на якість та довговічність підшипникового вузла також впливають методи отримання кінцевих поверхонь.

Для отримання найкращих параметрів якості поверхонь у реальних умовах виробництва застосовують легкі режими різання [4,5]. Схема установки для магнітно-абразивної обробки (МАО) циліндричних деталей показана на рис.2.

Таблиця 1

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

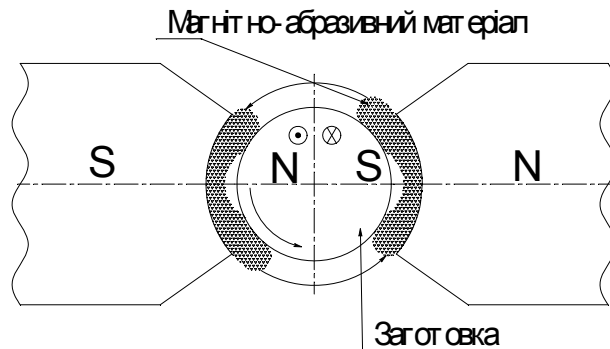


Рис. 2. Принципова схема оброблення деталей в магнітному полі феромагнітними порошками

В результаті виконаних експериментів встановлено (табл.2), що для отримання шорсткості поверхні Ra 0,04 мкм зернистість композиційного феромагнітного порошку повинна знаходитися в межах 60-100 мкм і 0,063 мкм - 200- 250 мкм. Для отримання вищої шорсткості рекомендується застосовувати МАМ з дрібнозернистим порошком електрокорунд.

При таких даних: індукція в зазорі $B=0,8$ Т, швидкість деталі - 35-40 м/хв, вихідна шорсткість Ra-1,25мкм

Таблиця 2

Вплив зернистості композиційного ферабразивного порошку на шорсткість поверхні деталей зі матеріалу ДН5КФ9

Склад ферабразивного порошку	Зернистість порошку, мкм	Параметр шорсткості, Ra мкм
20-30% Al_2O_3 + 80-70%Fe Абразивна складова 60 мкм	250	0,16
	200	0,08
	100	0,063
	60	0,05
20-30% Al_2O_3 + 80-70%Fe Абразивна складова 40 мкм	250	0,08
	200	0,063
	100	0,05
	60	0,04
20-30% Al_2O_3 + 80-70%Fe Абразивна складова 20 мкм	250	0,063
	200	0,05
	100	0,04
	60	0,032

При збільшенні швидкості обертання деталі підвищується чистота обробки (табл. 3). Це пояснюється зменшенням амплітуди коливання композиційних ферабразивних мікропорошків у магнітному полі зазору і зменшення мікрострумів.

При таких даних: (індукція в зазорі $B=0,8$ Т, зернистість композиційного ферабразивного порошку - 60 мкм, початкова шорсткість - 0,63мкм). У процесі тонкої магнітно-абразивної обробки отримано значно менші показники параметра шорсткості Ra.

Таблиця 3

Швидкість деталі, м/ хв	Параметр шорсткості, Ra мкм
35	0,16
90	0,08
150	0,04

Зменшення індукції в зазорі сприяє поліпшенню чистоти поверхні (табл. 4), яке може бути об'єднано зменшенням силових чинників обробки (P_z , P_y) і зниженням енергії мікрострумів. Експериментально встановлено, що вимірювання подовжньої швидкості деталі в межах 0,9-0,2 м/хв істотного впливу на шорсткість не має.

Вплив індукції в робочому зазорі (зернистість ферабразивного порошку - 60 мкм, початкова шорсткість - 0,63мкм) суттєво впливає на параметри якості поверхонь (табл.4).

Мастильно – охолоджувальна рідина істотно впливає на хід процесу обробки. Наявність в рідині поверхнево-активних речовин, що охолоджує, збільшує в'язкість абразивної маси і сприяє утриманню зерен в робочому просторі, підвищуючи інтенсивність обробки.

Таблиця 4

Впливу магнітної індукції на шорсткість поверхні

Індукція, Т	Параметр шорсткості Ra, мкм
0,2	0,04
0,5	0,08
0,8	0,16

Так само було встановлено, що із збільшенням індукції в робочому зазорі мікротвердість обробленої поверхні росте. Із збільшенням індукції від 0,2-0,8Т мікротвердість зростає всього на 20%. Ця закономірність може бути пояснена сукупною дією силових і температурних чинників обробки. З одного боку, збільшення індукції обумовлює різке зростання сил різання, що становлять, приводить до зміцнення поверхневого шару. З іншого боку, відбувається зростання температур в зоні обробки. Це сприяє відпочинку поверхневого шару і зниженню зміцнення оброблюваної поверхні. Виявлена закономірність пояснюється тим, що із збільшенням числа оборотів деталі зменшується силова дія зерен на оброблювану поверхню.

Після обробки поверхонь підшипників ковзання з матеріалу ДН5КФ9 за технологією MAO були проведені триботехнічні дослідження.

Для триботехнічних випробувань використовували машину тертя ВМТ-1, швидкість ковзання складала 6,4 м/с, питоме навантаження 18-38,5 МПа, контргтіло – сталь 20Х (HRC₃ = 51-55). Результати триботехнічних випробувань наведено у табл. 5.

Таблиця 5

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.	ДН5КФ9	18,0	0,16	30	130	Тертя без мастила, на поверхні контргтіла видно розділову плівку
5.	ДН5КФ9	38,5	0,2	46	280	Тертя без мас-тіла, на поверхні контргтіла видно розділову плівку

Про якість утворених вторинних структур свідчить дані табл.5, що ілюструють високі значення антифрикційних властивостей у порівнянні з відомою маркою бабіту Б83, що є непрацездатним при високих навантаженнях і швидкостях ковзання, при цьому на контактних поверхнях настає пластичне деформування робочих зон.

Дослідження поверхонь тертя з утвореними на них плівками, що зображені на рис. 4, підтвердило результати триботехнічних випробувань. Зображення одержане за допомогою растрової електронної мікроскопії з використанням мікроскопу EVO 50 XVP (Німеччина, Carl Zeiss) дослідницького класу, який має велику аналітичну камеру з можливістю підбору багаторівневої та гнучкої комплектації, що забезпечує отримання результатів високої якості. Забезпечує роздільну здатність 203 нм, високу точність позиціонування зразків та їх прецизійне переміщення в процесі роботи.

Видно, що має місце рівномірно розташована плівка тертя, яка щільно покриває поверхні контакту і темп її зношування відповідає швидкості нових утворень плівок тертя, що формуються на місцях зношення. Таким чином у зазначених умовах навантажень спостерігається баланс між постійно відновлюваними антизадирними шарами плівки тертя та зношеними фрагментами, що запобігає схопленню контактних поверхонь та забезпечує високі службові характеристики.

Промислові випробування показали, що за зносостійкістю високошвидкісні підшипники ковзання з матеріалу ДН5КФ9 у 5-6 разів перевищують існуючі аналоги. Натурні випробування продемонстрували працездатність матеріалу ДН5КФ9 більше 3850 годин без заміни, в той час як відомий – 650 годин.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення закономірностей формування складу вторинних структур (плівок тертя) матеріалу ДН5КФ9 та їх вплив на службові характеристики.

Таким чином на основі проведених досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. Технологія виготовлення високошвидкісних підшипників ковзання для поліграфічних машин забезпечила утворення гетерогенної структури матеріалу ДН5КФ9, яка складається з α – твердого розчину на основі міді з включеннями γ_1 та γ_2 фаз та рівномірно розподіленими частинками фториду кальцію, що, як відомо, є вирішальним фактором для матеріалів підшипникового призначення.

2. Така структура у порівнянні з відомою маркою бабіту, що застосовується за аналогічних умов роботи, забезпечила у досліджуваних матеріалах набагато вищі фізико-механічні та триботехнічні показники.

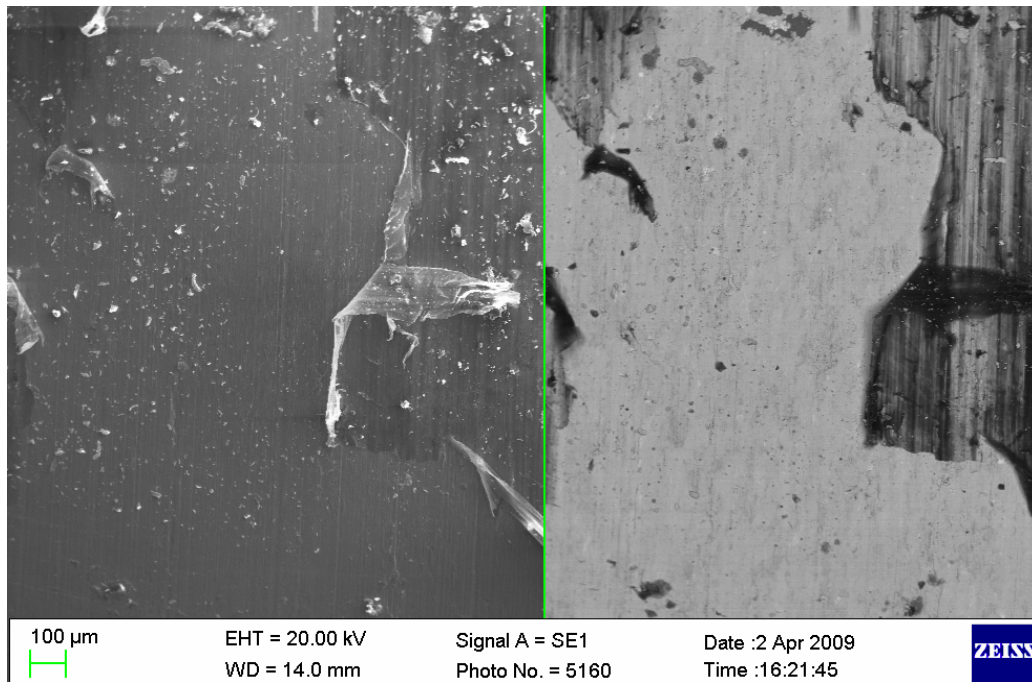


Рис. 4. Поверхня тертя матеріалу ДН5КФ9 після випробувань при навантаженні 38,5 МПа, у вторинних електронах

3. Для забезпечення необхідної якості поверхневого шару оброблення необхідно проводити з наступними параметрами режимів різання: індукція в зазорі $B = 0,8$ Т, зернистість феромагнітного абразивного порошку 60-100 мкм, швидкість деталі 45 м/хв, повздовжня швидкість деталі - 0,3-0,5 м/хв, охолоджуюча емульсія – сульфезрезол. Зменшення індукції з 0,8 до 0,2 Т сприяє зменшенню параметра шорсткості Ra з 0,16 до 0,04 мкм. Проходить процес виходжування.

4. Високі параметри якості робочих поверхонь високошвидкісних підшипників після МАО забезпечили високий рівень функціональних властивостей, що, в свою чергу, сприяє підвищенню надійності та довговічності вузлів тертя відцентрового поліграфічного обладнання.

Список літератури

1. Роїк Т.А., Гавриш А.П., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю. Особливості фінішної обробки поверхонь підшипникових матеріалів на основі нікелю // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. 1/1 (37). – 2009. – С. 10 – 13.
2. Роїк Т.А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації / Роїк Т.А., Киричок П.О., А.П. Гавриш. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 404 с
3. Гавриш А.П., Ковальов В.А., Роїк Т.А., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю. Магнітно-абразивна обробка в важкодоступних місцях важко навантажених підшипників ковзання // Технологія і техніка друкарства. Збірник наукових праць. Випуск 3(25). – Київ. – 2009. – С. 4-7
4. Гавриш А.П., Мельник О.О. Дослідження шорсткості поверхні при магнітно-абразивній обробці деталей з магнітотв'язаними сплавами // Наук. журн. «Вісник Тернопільського державного технологічного університету», вид. ТДТУ - №2, 2008. – С. 50-54
5. Гавриш А.П., Мельник О.О. Влияние технологических режимов магнитно-абразивной обработки на параметры шероховатости деталей из магнитомягких материалов // Сб.: «Резание и инструмент в технологических системах», изд. Нац. Технич. Ун-та «Харьк. Политехн. Ин-т», №74 - 2008. – С. 57-60