

А.П. Гавриш, д.т.н., проф.

О.А. Гавриш, д.т.н., проф.

Т.А. Роїк, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «КПІ»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НАДТОНКИМ АБРАЗИВНИМ ОБРОБЛЕННЯМ

У статті наведено результати дослідження впливу режимів нового способу магніто-абразивної обробки нових високооберткових композитних підшипників поліграфічних машин на основі нікелевого сплаву ЭИ 929 та міді ДН5МЗКФ9, що містять тверде мастило CaF_2 , на їх зносостійкість. Показано, що застосування нового способу магніто-абразивної обробки забезпечило одержання високих параметрів якості робочих поверхонь підшипників, що сприяло підвищенню їх триботехнічних властивостей та скороченню часу припрацьовування деталей тертя у 8 разів.

Вступ. Потреби в сучасному поліграфічному обладнанні з кожним роком зростають, але в той же час набагато більшими темпами зростає потреба у ремонті, вдосконаленні та відновленні застосованого обладнання.

Однією з основних причин виходу з ладу поліграфічних машин є зношування вузлів тертя та окремих їх деталей, насамперед, підшипників ковзання.

Виходячи з потреб поліграфічної галузі завдання підвищення довговічності, зносостійкості та продуктивності існуючого парку друкарського обладнання нерозривно пов'язано з удосконаленням як вузлів, складних конструкцій поліграфічних машин, так і окремих відповідальних деталей, до числа яких відносяться тертьові деталі, зокрема, високошвидкісні підшипники ковзання, які сприймають основне експлуатаційне навантаження у жорстких умовах роботи валів, формних циліндрів, барабанів тощо.

Умови роботи таких деталей тертя характеризуються низкою навантажуючих факторів – підвищеними навантаженнями та високими швидкостями обертання, підвищеними температурами, що виникають на робочих поверхнях за таких умов експлуатації, дією агресивного середовища – повітря і, нарешті, наявністю змащування рідким мастилом, яке стає абсолютно неефективним при високих швидкостях обертання, викидаючись із зони тертя відцентровими силами, що

фактично призводить до «сухого» (або у кращому випадку до граничного) тертя, зумовлюючи тим самим вкрай інтенсивний знос [1].

У таких обставинах надійність та стабільність роботи вузла тертя друкарської машини безпосередньо залежить від параметрів якості робочих поверхонь підшипників, особливо при роботі без змащування, яка впливає на характер утворення на поверхнях підшипнику і валу плівок тертя, які у підсумку є носіями тих чи інших триботехнічних властивостей підшипнику та вузла тертя, і як наслідок, визначають довговічність і працездатність поліграфічної машини у цілому.

У свою чергу параметри якості робочих поверхонь деталей тертя безпосередньо залежать від технології фінішного механічного оброблення контактних поверхонь.

Проте на сьогодні існуючі методи оброблення деталей тертя є малоєфективними та не здатні забезпечити високу якість їх контактних поверхонь, що викликає швидкий знос підшипників, вихід з ладу поліграфічного обладнання, необхідність великої кількості запасних частин, збільшення кількості простоїв машин та зниження якості друкарської продукції.

Крім зазначеного дотепер залишаються не з'ясованими закономірності цілеспрямованого та стабільного формування параметрів якості робочих поверхонь важконавантажених підшипників ковзання при їх надтонкому абразивному обробленні, які б надали змогу суттєво підвищити зносостійкість не тільки вузла, але і поліграфічної машини у цілому, забезпечили б суттєве збільшення довговічності роботи обладнання та сприяли б підвищенню якості друкарської продукції.

Наведені аргументи свідчать про **актуальність** означеної теми досліджень. У зв'язку з цим **метою** роботи було встановлення впливу режимів надтонкого абразивного оброблення нових композитних деталей тертя – підшипників ковзання на основі нікелю та міді на зносостійкість вузлів тертя високооберткових поліграфічних машин.

При виконанні досліджень [2, 3], розроблено та запатентовано нові марки композиційних високолегованих матеріалів на основі нікелевого сплаву ЭИ 929 та на основі міді (ДН5М3КФ9), які призначені для забезпечення умов експлуатації підшипників високооберткових друкарських машин при підвищених навантаженнях і швидкостях обертання до 600 об./хв.

В обох випадках матеріали містили у своєму складі хімічно та термічно стабільне тверде мастило – фторид кальцію (CaF_2), що

вводився до вихідної шихти на етапі виготовлення підшипників для забезпечення змащування робочих тертьових поверхонь.

У жорстких умовах експлуатації надзвичайно важливим є забезпечення розмірної стійкості і відповідної якості поверхонь тертя підшипників ковзання.

Слід зазначити, що основи двох типів композиційних підшипників на основі ЭИ 929- CaF_2 та ДН5МЗКФ9 складають, відповідно, нікель (~ до 70 %) та мідь (~ до 80 %). У роботі досліджувались підшипники наступного призначення:

- 1 тип – підшипники на основі нікелевого сплаву ЭИ 929 для ротаційних друкарських машин, що працюють при навантаженнях P від 3,0 до 4,0 МПа та швидкостях обертання V від 400 до 600 об./хв.

- 2 тип – підшипники та на основі міді з фторидом кальцію для друкарських машин, що працюють при навантаженнях P від 5,0 до 7,0 МПа та швидкостях обертання V від 120 до 400 об./хв.

Обидва типи підшипників були одержані за розробленими технологіями [4].

Загальна технологія виготовлення композиційного підшипникового сплаву на основі нікелевого сплаву ЭИ 929 полягала в тому, що компоненти вихідної шихти – розпилені порошки нікелевого сплаву ЭИ929 та твердої змазки (фториду кальцію) змішували. Для покращення спресованості при отриманні заготовок у цю суміш вводили пластифікатор. Гарячим ізостатичним пресуванням суміш ЭИ929+ CaF_2 пресувалась при 1200 °С, $P = 140$ МПа, потім отримували заготовку, що підлягала подальшому механічному обробленню. Заготовки під впливом ізостатичного тиску та високої температури в газовому середовищі пресуються майже до своєї теоретичної питомої щільності (щільність заготовок складала 99,9 %).

Процес виготовлення композиційних високошвидкісних підшипників на основі міді – ДН5МЗКФ9, полягав в тому, що вихідні металеві матеріали (Cu, Ni, Mo) та неметалеві порошки (CaF_2) змішувались, пресувались при $P = 400\text{--}450$ МПа та спікались при 870 °С, утворюючи заготовки. Також застосовували додаткову механічну операцію – калібрування при питомому тиску 840 МПа, далі виконувався відпал при $t = 450$ °С протягом 1 години у середовищі водню для зниження залишкових напружень. Зазначені операції проводили для забезпечення мінімальної залишкової пористості, яка у підсумку складала 3,8–4,2 %. Далі заготовку оброблювали механічно.

Для проведення досліджень було виготовлено 20 зразків підшипників на основі нікелю ЭИ929-СаF₂ та міді ДН5МЗКФ9, загальний вигляд яких наведено на рисунку 1.



a)



б)

Рис. 1. Заготовки підшипників ковзання з нових матеріалів на основі нікелю (а) та міді (б)

Всі зразки були попередньо оброблені методом точіння та розточування для одержання одноманітності вихідних даних, в результаті чого були отримані зразки циліндричної форми для експериментальних досліджень у вигляді відрізка товстостінної труби з зовнішнім діаметром 25 мм, шириною 15 мм та внутрішнім діаметром 15 мм з шорсткістю поверхні $R_a = 6,3$ мкм. В подальшому зовнішні і внутрішні поверхні зразків оброблялись шліфуванням.

В результаті отримали вихідні зразки підшипників на основі нікелю ЭИ929-СаF₂ з параметром $R_a = 0,25$ мкм, глибиною наклепу ≈ 2 мкм та на основі міді ДН5МЗКФ9, відповідно, $R_a = 0,30-0,32$ мкм, глибина наклепу ≈ 7 мкм.

Одержані зразки надалі піддавались фінішному надтонкому обробленню для одержання максимальних параметрів якості робочих поверхонь досліджуваних підшипників.

На сучасному етапі розвитку техніки, одним з перспективних та ефективних методів є метод оброблення деталей в магнітному полі [5] феромагнітними порошками - це метод магнітно-абразивного оброблення (МАО). Даний метод дозволяє не тільки покращити якість поверхонь, фізико-механічні характеристики, тобто зміцнення поверхневого шару матеріалу, скоротити час оброблення, зменшити температури в зоні оброблення, але і підвищити експлуатаційні

властивості оброблених деталей. MAO також дозволяє отримати параметри шорсткості 0,05–0,40 мкм.

Тому для досягнення високих параметрів якості робочих поверхонь композитних підшипників ковзання було обрано метод MAO, який здатний забезпечити таку якість контактних зон деталей тертя, яка сприяє утворенню самозмащувальних плівок тертя, а, відтак, обумовлює скорочення часу припрацювання третьової пари та тривалу і надійну роботу вузла тертя у цілому.

В роботі для реалізації методу MAO використовувались магніто-абразивні порошки – МАП (табл. 1) для оброблення зразків композиційних підшипників на основі нікелю ЭИ 929-СаF₂ та міді ДН5МЗКФ9.

Для проведення дослідів була розрахована, спроектована та виготовлена дослідна установка на базі верстату 1A616, схема якої наведена на рис. 2 та загальний вигляд установки на рис. 3.

Таблиця 1

Характеристики фераабразивного порошку

Склад фераабразивного порошку	Зернистість порошку, мкм
Ж15КТ	630/400
Полімам Т	200/100
Полімам М	200/100
Р6М5	200/100

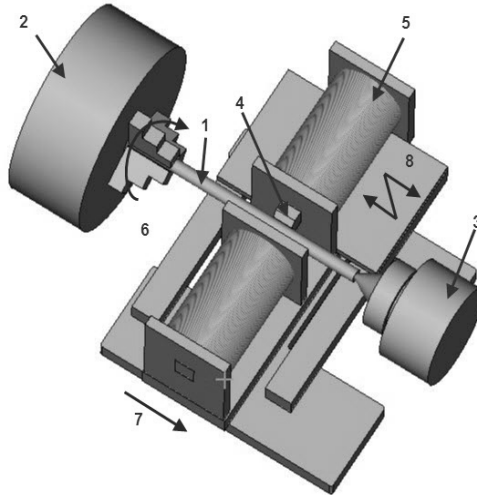


Рис. 2. Схема дослідної установки з робочими рухами



Рис. 3. Вигляд верстата 1А616 з дослідною установкою

Дослідна установка (рис. 2) складається з наступних вузлів: заготовка 1, закріплена в трьохкулачковому патроні 2 і підтиснута обертальним центром задньої бабки 3. МАП знаходиться між полюсами 4 двох електромагнітів 5. Електромагніти встановлені на осцилюючій платформі, що розташована на поздовжньому супорті верстата. В дослідній установці передбачені наступні робочі рухи: обертальний рух заготовки 6 (зміна частоти обертання заготовки з рахунок коробки швидкостей верстата), поздовжній рух подач 7 (за рахунок переміщення поздовжнього супорту), осцилюючий рух

електромагнітів відносно деталі 8 (за рахунок механізму вібрацій осцилюючої платформи), поперечний рух електромагнітів в режимі налаштування на діаметр оброблюваної деталі.

Шорсткість поверхні, що отримується при МАО, визначається, як відомо [5], маркою і фракцією фераабразивного порошку, а також режими обробки (швидкість різання, частота і амплітуда осциляції, магнітна індукція в робочому зазорі, робочий зазор, МОР і час оброблення).

Початкова шорсткість поверхні вимірювалася на профілографі – профілометрі моделі 170311 і відповідала параметру $R_a = 0,63$ мкм. За критерій оцінки абразивної здатності порошків, при виконанні досліджень, було прийнято зменшення шорсткості за 1 хв. При цьому змінювали два параметри МАО: частоту обертання зразка і магнітну індукцію в робочому зазорі. При обробці за режимами, що характеризуються швидкістю $V = 40\text{--}100$ м/хв. і магнітною індукцією $B = 0,25\text{--}1$ Т, було отримано наступні параметри шорсткості: при використанні порошку Ж15КТ $R_a = 0,025\text{...}0,044$ мкм, а порошків ПОЛІММ-Т і ПОЛІММ-М – $R_a = 0,075\text{...}0,085$ мкм. Із збільшенням швидкості обробки до 125 м/хв. при використанні порошку Ж15КТ отримано значення $R_a = 0,035\text{...}0,055$ мкм, а при використанні порошків ПОЛІММ-Т і ПОЛІММ-М – $0,022\text{--}0,070$ мкм.

За результатами експериментів можна зробити висновок, що мінімальні значення шорсткості поверхні ($R_a = 0,022\text{...}0,025$ мкм) в діапазоні швидкостей $V = 100\text{...}125$ м/хв. отримано при обробленні порошком ПОЛІММ-Т.

При виконанні експериментів було розроблено та запатентовано новий спосіб оброблення підшипників друкарської техніки [6]. Робочий інструмент розміщується в циліндричному отворі співвісно з ним таким чином, що між поверхнями інструменту і отвору утворюється робочий зазор $0,05\text{--}0,20$ мм. У робочому зазорі створюється магнітне поле та розміщують в ньому феромагнітний абразивний порошок, розмір зерен якого складає $5\text{--}50$ мкм. Робочому інструменту надають обертання навколо своєї осі зі швидкістю $10\text{--}15$ м/с. При цьому його додатково переміщують поздовжньо – зворотнім рухами вздовж осі циліндричного отвору деталі зі швидкістю $200\text{--}350$ мм/хв. і, крім того, одночасно надають інструменту додаткові осцилюючі коливання з амплітудою $0,5\text{--}1,5$ мм, та лінійною швидкістю $10\text{--}20$ м/с.

У результаті використання нового способу, співвідношення робочого зазору та розміру магнітно-абразивного порошку, а також

співвідношення траєкторії руху магнітно-абразивного порошку та його швидкості вздовж поверхні деталей з антифрикційних сплавів, зменшується величина наклепу поверхні та залишкових напружень в робочій зоні обробки, а якість поверхні оброблення підвищується.

Встановлені режими оброблення забезпечують підвищення параметрів якості поверхонь у 1,5–2 рази в порівнянні із традиційними способами MAO, що видно з таблиць 2, 3.

Таблиця 2

Параметри якості поверхні оброблення нових композитних підшипників ДН5М3КФ9

Оброблення за традиційним способом MAO [5]			Оброблення за новим способом MAO		
параметр шорсткості R_a , мкм	глибина наклепу h , мкм	спотворення II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	параметр шорсткості R_a , мкм	глибина наклепу h , мкм	спотворення II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$
0, 100	2,0	1,5	0, 05	1,0	0, 85

Таблиця 3

Параметри якості поверхні оброблення деталі з композиційного матеріалу на основі нікелевого сплаву ЭИ 929 + 6 % CaF₂

Оброблення за традиційним способом MAO [5]			Оброблення за новим способом MAO		
параметр шорсткості R_a , мкм	глибина наклепу h , мкм	спотворення II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	параметр шорсткості R_a , мкм	глибина наклепу h , мкм	спотворення II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$
0, 120	2,5	1,7	0, 08	1,5	1,0

Висока якість [7–9] фінішної обробки поверхні забезпечується як для композиційних високолегованих підшипників на основі нікелю, так і для підшипників на основі міді, як видно з наведених даних.

В ході експериментів було встановлено, що для оброблення підшипників з композитів ЭИ929 – CaF₂ та ДН5М3КФ9 оптимальними

значеннями магнітної індукції ϵ величини $B = 0,5-1$ Т, а величина зазору складає $1,0-2,0$ мм [8].

Для дослідження працездатності високооберткових підшипників ковзання в жорстких умовах експлуатації було проведено порівняльні триботехнічні випробування зразків після проведення MAO і зразків, що оброблені за традиційною технологією фінішного шліфування. Випробування виконувались як у присутності рідкого мастила (для матеріалів порівняння), так і при «сухому» терті для нових підшипників на основі нікелю та міді.

Для триботехнічних випробувань використовували машину тертя ВМТ-1.

Умови випробувань: швидкість обертання, V , для ЭИ929 – $\text{CaF}_2 = 60-80$ м/с; для ДН5МЗКФ9 = $30-60$ м/с; питоме навантаження, P , для ЭИ929 – $\text{CaF}_2 = 3,0-4,0$ МПа; для ДН5МЗКФ9 = $5,0-7,0$ МПа; для ДН5МЗКФ9 контргіло–сталь 20Х ($\text{HRC}_e = 51-55$); для ЭИ929 – CaF_2 контргіло–сплав ХЗ ($\text{HRC}_e = 63$) шлях тертя – 1 км; схема спряження: вал – пальчиковий зразок; граничне тертя – подача мастила крапельно (для литих підшипників порівняння); тертя зі змазкою – мастило індустриальне И-20.

Результати триботехнічних випробувань наведено у таблиці 4. Знак мінус (“-”) у колонці “ваговий знос контргіла” означає, що має місце приріст маси за рахунок переносу твердого мастила на поверхню контргіла в процесі тертя. Наприклад, ДН5МЗКФ9 має низькі значення коефіцієнта тертя та зносу при аналогічних умовах випробування з бабітом Б83, а при більш високих швидкостях та навантаженнях бабіт Б83 стає не працездатним.

В той час, як досліджуваний матеріал ДН5МЗКФ9 при високих навантаженнях та високих швидкостях обертання демонструє низькі значення коефіцієнта тертя і величини зносу.

Підшипники, що містять тверду змазку CaF_2 мають переваги перед бабітом Б83 та бронзою БрОЦС 6-6-6 ще в тому, що у разі припинення подачі мастила стабільно працюють завдяки утворенню розділових плівок тертя.

Результати триботехнічних випробувань (табл. 4, 5) показали, що досліджувані підшипники при обробленні за новим способом MAO за рівнем антифрикційних властивостей у важких умовах експлуатації працюють краще, ніж при їх обробленні методом традиційного фінішного шліфування.

Також MAO суттєво впливає на працездатність підшипників, полегшуючи припрацювання, а наявність CaF_2 забезпечує перенос

матеріалу твердої змазки на робочу поверхню контргтіла, про що свідчить утворення розділових антизадирних плівок.

Після триботехнічних випробувань підшипників, оброблених за новим методом MAO, має місце наявність гладких, суцільних і однорідних поверхонь тертя (як на робочій поверхні підшипнику, так і контргтіла), спостерігається відсутність слідів захоплення, глибинних виривів і підплавлень, що свідчить про стабільну роботу нових матеріалів при важких умовах навантаження на пару тертя.

Триботехнічні характеристики досліджуваних композитних підшипників наведені в таблицях 4, 5.

Таблиця 4

Триботехнічні властивості досліджуваних підшипників з ДН5МЗКФ9, литого бабіту Б83 та бронзи Бр.ОЦС6-6-3

Марка матеріалу	Метод оброблення	Швидкість, об./хв.	Коефіцієнт тертя, f	Лінійний знос зразка, мкм/км	Ваговий знос контргтіла, мг/км	Примітка
Б83	Шліф-ня	70	0,056	15	+0,1	Тертя з рідким мастилом
	MAO		0,028	7	+0,08	
Б83	Шліф-ня	80	0,9	17	0,14	
	MAO		0,073	9	+0,1	
Б83	Шліф-ня	90	пластичне деформування		-	-
	MAO					
Бр.ОЦС6-6-3	Шліф-ня	100	0,13	163	+7,56	Тертя з рідким мастилом
	MAO		0,098	124	+3,28	
ДН5МЗКФ9	Шліф-ня	200	0,23	49	-1,2	Тертя без мастила, на поверхні контргтіла видно розділову
	MAO		0,16	30	-0,7	

						плівку
ДН5МЗКФ 9	Шліф-ня	400	0,41	65	-5,37	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку
	МАО		0,2	46	-2,8	

Таблиця 5

Триботехнічні властивості матеріалів
на основі ЭИ929

№ з/п	Масова частка у складі, %	Коефіцієнт тертя (P = 3 МПа)	Інтенсивність зношування, мкм/км (P = 3 МПа)	Гранично допустиме навантаження, МПа	Гранично допустима швидкість, об./хв.
1	ЭИ929+4CaF ₂	0,27	50	5	680
2	ЭИ 929+6 CaF ₂	0,26	30	5	680
3	ЭИ 929+ 8CaF ₂	0,27	55	5	680
4	Ni+(18..45)+Fe+(5..10)(MoB ₂ +ZrB ₂)+5(CaF ₂ або BaF ₂) спечений сплав	0,31	130	1,5	200

Одержані в роботі результати свідчать про ефективність застосування MAO при фінішному обробленні підшипників. Нижче представлено результати дослідження зносостійкості підшипників ковзання з композитних матеріалів на основі нікелю ЭИ929 та міді ДН5МЗКФ9 для поліграфічних машин в залежності від методу та режимів оброблення (рис. 4–6) [7, 8].

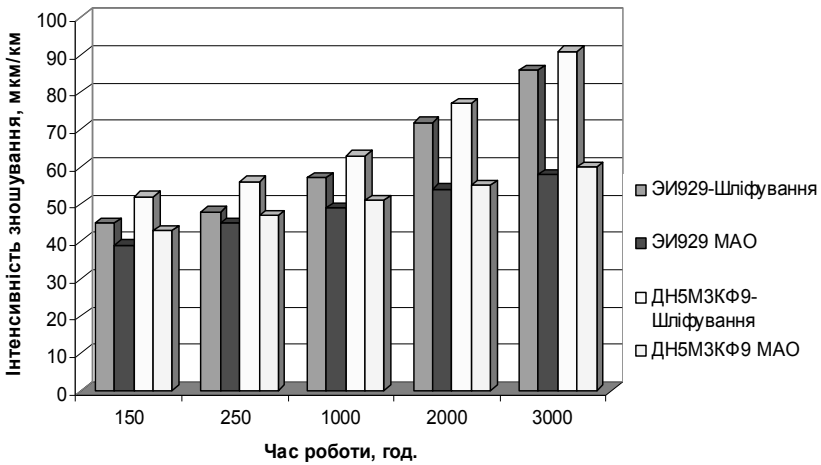


Рис. 4. Зносостійкість підшипників ковзання залежно від методу оброблення

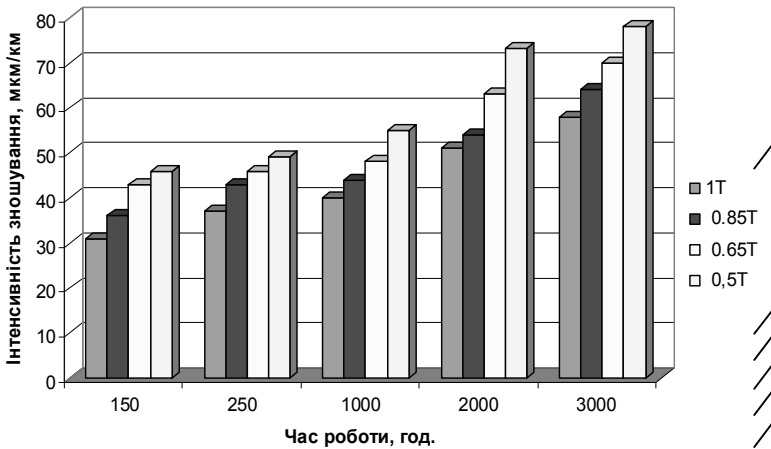


Рис. 5. Зносостійкість підшипників ковзання з композитного матеріалу на основі сплаву ЭИ929 залежно від індукції

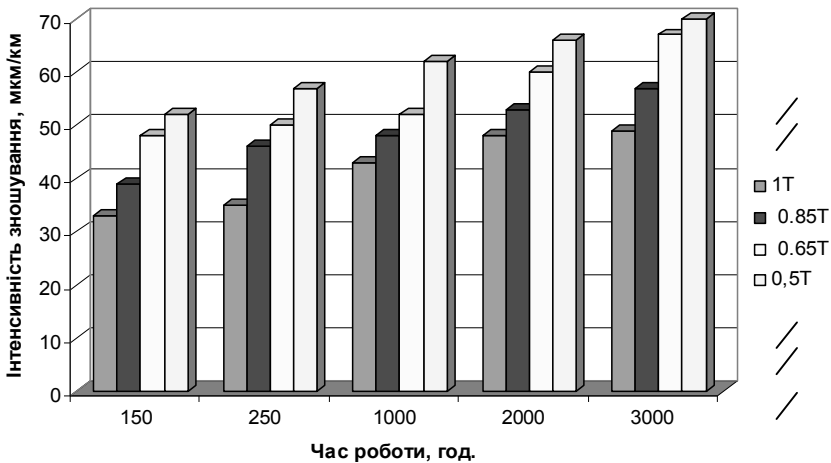


Рис. 6. Зносостійкість підшипників ковзання з композитного матеріалу ДН5МЗКФ9 залежно від індукції

Як видно з рисунку 4, зносостійкість підшипників, оброблених за новим методом MAO, у 1,2–1,5 разів більша, ніж при застосуванні традиційного методу шліфування [9].

Також слід зазначити, що при збільшенні індукції інтенсивність зношування підшипників зменшується (рис. 4–6).

Триботехнічні властивості досліджуваних високооберткових підшипників на основі нікелю ЭИ 929- CaF_2 та міді ДН5МЗКФ9 в залежності від величини магнітної індукції В при MAO, а також вплив її на час припрацювання, наведено у таблиці 6.

Як видно з даних таблиці 6, суттєво на якість поверхні підшипнику, а відтак і на коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування, впливає величина магнітної індукції в робочому зазорі, що було враховано для формулювання рекомендацій з фінішної надтонкої обробки деталей тертя.

Таблиця 6

Вплив магнітної індукції при MAO на зносостійкість підшипників ковзання на основі нікелю ЭИ 929-CaF₂ (1) та міді ДН5МЗКФ9 (2)

Режим MAO	Матеріал	Шорсткість R_{α} , мкм	Інтенсивність ношування I , мкм/к	Коефіцієнт тертя, μ	Час припрацю- вання, хв.
$v = 2000$ об/хв, $B=0,5$ Т, $A=1,5$ мм, $V_{повз} = 400$ мм/хв, $\delta = 1$ мм	1	0,32	1140-1170	0,38-0,4	25-40
	2	0,51	678-790	0,34-0,38	16-32
$v = 2000$ об/хв, $B=0,75$ Т, $A=1,5$ мм, $V_{повз} = 400$ мм/хв, $\delta = 1$ мм	1	0,125	122-148	0,31-0,33	12-20
	2	0,16	96-102	0,26-0,28	8-16
$v = 2000$ об/хв, $B=1$ Т, $A=1,5$ мм, $V_{повз} = 400$ мм/хв, $\delta = 1$ мм	1	0,05	30-55	0,26-0,27	3-5
	2	0,08	30-46	0,16-0,2	2-4

Висновки. В результаті узагальнення отриманих експериментальних даних можна зробити наступні основні висновки та надати рекомендації для надтонкого оброблення композитних високооборотних підшипників друкарських машин:

1. Робочий зазор при обробленні деталей порошком ПОЛІМАМ-Т1 повинен бути не більше 1,5 мм, що пов'язано з ослабленням напруженості магнітного поля в ньому, в результаті чого збільшується час оброблення та знижуються кінцеві параметри шорсткості оброблюваних поверхонь.

2. Для отримання шорсткості поверхні, що характеризується параметром $Ra = 0,025$ мкм (при початковій шорсткості $Ra = 0,63$ мкм), необхідно обирати такий режим MAO: $v = 2000$ об/хв., частота осциляції $n_0 = 1000$ подв. хід/хв., $V_{повз} = 400$ мм/хв., $B = 1$ Т, робочий зазор $\delta = 1$ мм, амплітуда осциляції $A = 1,5$ мм. При цьому режимі забезпечується і найбільше знімання металу.

3. Шорсткість поверхні, що характеризується параметром $Ra < 0,025$ мкм, можна отримати здійснюючи обробку в два цикли. Спочатку протягом 30 с слід працювати при магнітній індукції $B = 1$ Т, а потім 30 с при плавному зменшенні її до нуля, що обумовлює одержання такого рельєфу поверхні, який сприяє підвищенню зносостійкості деталей та зменшенню часу припрацювання підшипників у 8 разів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.А.* Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні : монографія. – К. : ЕКМО, 2010. – 212 с.
2. Патент України № 31545 МПК (2006), С22С33/02 Антифрикційний композиційний матеріал на основі нікелю / *Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.А. Гавриш, В.В. Холякко, Ю.Ю. Віцюк.* Опубл. 10.04.08, Бюл. № 7.
3. 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. Холякко, Ю.Ю. Віцюк, О.О. Мельник,* опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
4. *Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю., Гавриш А.П., Мельник О.О., Зора Б.П., Дорфман І.Є.* Комп'ютерне моделювання вибору оптимальних режимів пресування підшипникових матеріалів на основі відходів інструментальних сталей для поліграфічних машин // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2011. – Вип. 32. – С. 344–349.
5. *Гавриш О.А., Роїк Т.А., Гавриш А.П.* Системные технологии финишной обработки деталей : монографія. – К. : ВПК «Политехника», 2011. – 375 с.
6. Патент України № 48386 МПК(2009), G11B5/127 Спосіб фінішної абразивної обробки внутрішніх циліндричних

- поверхонь деталей з високолегованих магнітно-м'яких сплавів / *А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк, П.О. Губар*, опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
7. *Гавриш А.П., Роїк Т.А., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю.* Залежність якості поверхонь високотемпературних підшипників ковзання на основі нікелю від методів магнітно-абразивної обробки // Сучасні технології в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Вип. 2. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – С. 123–134.
 8. *Гавриш А.П., Роїк Т.А., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю.* Особливості фінішної обробки поверхонь підшипникових матеріалів на основі нікелю // Восточно-європейський журнал передових технологій. – Харків. – № 1/1 (37), 2009. – С. 10–13.
 9. *Гавриш А.П., Роїк Т.А., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю.* Особливості прецизійної доводки підшипників ковзання з композиційних матеріалів для вузлів тертя поліграфічних машин // Технологія і техніка друкарства. – Київ : НТУУ «КПІ» ВПІ, 2010. – № 1 (27). – С. 38–46.

ГАВРИШ Анатолій Павлович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології машинобудування НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси:

– дослідження та розробка нових методів та режимів механічної прецизійної обробки деталей.

E-mail: viq@voliacable.com.

ГАВРИШ Олег Анатолійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри міжнародної економіки, декан факультету менеджменту і маркетингу НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси:

– створення нових методів фінішної механічної обробки деталей.

E-mail: dekan_fmm@kpi.ua.

РОЇК Тетяна Анатоліївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри репрографії НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси:

– створення нових складів композиційних підшипникових матеріалів;

– розробка технологій їх виготовлення та обробки.

E-mail: viq@voliacable.com.

Подано 19.08.2011

