

УДК 621.923.6: 621.318.4: 621.002.1
DOI: 10.20535/2077-7264.2(80).2023.284509

© Т. А. Роїк, д-р техн. наук, проф., О. А. Гавриш,
д-р техн. наук, проф., Ю. Ю. Майстренко (Віцюк),
канд. техн. наук, доц., А. О. Бровкин, асп.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

**ВПЛИВ НОВИХ
АНТИФРИКЦІЙНИХ КОМПЗИТНИХ ДЕТАЛЕЙ
ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ТЕХНІКИ
НА ЯКІСТЬ ДРУКОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Стаття присвячена визначенню впливу нових антифрикційних композитних деталей на основі регенованих шліфувальних відходів сталей P2AM9K5 та 5X3B3MFC з домішками твердого мастила CaF_2 , оброблених за розробленими режимами тонкого ельборового шліфування, на якість друкованої продукції. Розроблені ефективні технологічні заходи з тонкої механічної обробки нових композитів, зокрема, з використанням ельборового інструменту, дозволили одержати високі параметри якості робочих поверхонь антифрикційних композитних деталей.

Ключові слова: антифрикційні композитні деталі;
тонке шліфування; шорсткість поверхні; якість;
друкована продукція; поліграфічні машини.

Постановка проблеми

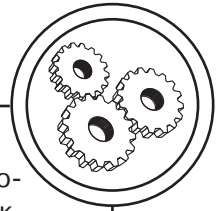
Успішне функціонування підприємства будь-якої галузі промисловості, зокрема, поліграфічної, в умовах сучасної ринкової економіки вимагає виготовлення продукції не тільки високої якості, але і виготовлення цієї продукції у стислі терміни.

Досягти таких результатів можна різними шляхами, наприклад, розширенням кількості обладнання. Проте такий шлях розв'язання проблеми не завжди виправданий, оскільки придбання нового обладнання на сьогодні є достатньо дорогим.

Іншим шляхом є збільшення потужностей машин, зростання швидкостей руху виконавчих і допоміжних механізмів задля нарощування випуску обсягів продукції за одиницю часу. Цей шлях потребує підвищення вимог до надійності й довговічності роботи обладнання, зокрема, високошвидкісних поліграфічних машин.

Одними з найвідповідальніших деталей, що забезпечують довговічність друкарської техніки, є антифрикційні деталі. Вони широко застосовуються при виробництві та ремонті вузлів агрега-

© Автор(и) 2023. Видавець КПІ ім. Ігоря Сікорського.
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



тів друкарської техніки та допоміжного поліграфічного обладнання, яке працює у важких та агресивних умовах експлуатації, за швидкостей обертання 500 об./хв і вище та підвищених тисках від 2,0 МПа і вище. Ці важкі умови експлуатації притаманні функціонуванню вузлів офсетних, друкарських та формних циліндрів швидкісних поліграфічних машин.

Означені умови роботи спричинюють передчасне зношування цих антифрикційних деталей і вузлів у цілому, обумовлене як конструктивними особливостями, так і недосконалістю технологій їх виготовлення та механічної обробки робочих поверхонь, які сприймають основне навантаження при експлуатації.

На сьогодні у вузлах тертя високообертової друкарської техніки зазвичай застосовують литі втулки підшипників ковзання та інші антифрикційні деталі, що виготовлені з литих бронз, сталей, латуней залежно від умов експлуатації вузла тертя, які працюють в умовах змащення рідким мастилом [1–4]. Ці деталі, як правило, виготовлені із закордонних марок сплавів та традиційно застосовуються у вузлах тертя відповідного обладнання друкарських та брошурувальних цехів.

Слід зазначити, що в умовах роботи за високих швидкостей обертання і підвищених тисків, які характерні для вузлів офсетних, друкарських та формних циліндрів друкарських машин, жодне рідке мастило стає неефективним внаслідок його викидання із зони тертя відцентровими силами, і робота вузла тертя фактично перетворюється в «сухе»

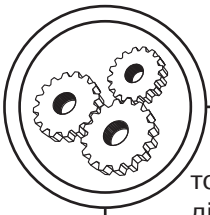
тертя. Це, у свою чергу, призводить до швидкого зносу антифрикційної деталі і вузла у цілому.

Окрім цього, зростання швидкостей руху деталей, коли швидкості обертання, зокрема, у вузлах тертя офсетних циліндрів, сягають 1000 об./хв і вище, а навантаження на пару тертя збільшуються до 5,0–7,0 МПа може призводити до підвищення миттєвих температур від 300 до 500° С на контактних поверхнях, що ще більше погіршує умови експлуатації друкарських машин та призводить до виходу їх з ладу [1, 2, 5, 6].

З огляду на вищезазначене, авторами [7–12] розроблено альтернативні антифрикційні композитні матеріали та деталі з них на основі утилізованих і регенованих за розробленою технологією промислових шліфувальних відходів легованих сталей, зокрема, регенованих відходів низки легованих сталей 4ХМНФС, ШХ15, Р6М5, Р6М5К5 тощо, які містять у своєму складі тверде мастило CaF_2 для роботи в умовах самозмащення, що істотно збільшило довговічність вузлів тертя офсетних циліндрів високообертових поліграфічних машин.

Як відомо [1, 2, 13–20], безпосередній вплив на зносостійкість контактуючих деталей поліграфічного обладнання чинить технологія механічного оброблення робочих поверхонь та одержанні при цьому параметри якості, які забезпечуються саме на фінішних операціях обробки.

Насамперед, шорсткість робочих поверхонь антифрикційних деталей впливає на величину опорної поверхні контактуючих деталей,



тому визначає довговічність і надійність їх роботи. Здебільшого під час механічної обробки чистова операція виконується шліфуванням абразивними кругами [1, 2, 5, 7, 13–20].

До того ж саме від шорсткості робочих поверхонь залежать кінцеві фізичні властивості поверхневого шару антифрикційних деталей високошвидкісних поліграфічних машин, а відтак і надійність роботи, як окремого вузла, так і всієї машини, що, зрештою, впливає на якість друкарської продукції.

При фінішній обробці необхідно забезпечити утворення форми і розмірів деталі і при цьому надати їй поверхні необхідних фізико-механічних властивостей за мінімальними витратами і кількістю проходів, за мінімально можливою кількістю операцій, з максимальною продуктивністю [1, 2, 7, 18–20].

Варто підкреслити, що умови експлуатації валів формних, друкарських, офсетних циліндрів друкарських машин характеризуються високими швидкостями обертання та підвищеними навантаженнями, що супроводжуються періодичними зупинками для технологічних потреб.

Негативним явищем функціонування таких механізмів є биття валів, яке викликано нестабільністю роботи з'єднань деталей тертя, зокрема, з незадовільною роботою працюючих з рідким мастилом традиційно застосованих бронзових, латунних або сталевих литих втулок деталей тертя.

Це викликає їх інтенсивний знос, а відтак і зниження якості відбитків, що збільшує обсяги браку друкованої продукції.

На жаль, розгалужені дослідження з впливу нових антифрикційних композитних деталей поліграфічних машин на основі шліфувальних відходів, робочі поверхні яких механічно оброблені за розробленими технологіями, на якість друкованої продукції ще й досі відсутні.

Тому наукові роботи у означеному напрямі є вельми актуальними та затребуваними, і потребують виконання комплексу всебічних досліджень.

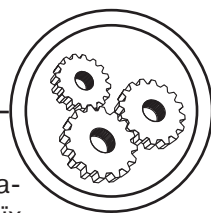
Мета роботи

Встановлення впливу нових антифрикційних композитних деталей на основі регенованих шліфувальних відходів сталей P2AM9K5 та 5X3B3MFC з домішками твердого мастила CaF_2 , оброблених за розробленими режимами тонкого ельборового шліфування, на якість друкованої продукції.

Отримані результати дозволять розширити застосування антифрикційних композитів як ефективну альтернативу деталям з литих сплавів, що сприятиме не тільки збільшенню зносостійкості і довговічності високошвидкісних поліграфічних машин, але й підвищенню якості друкарської продукції і зменшенню її браку.

Результати проведених досліджень

У всіх експериментах використовувались зразки з розроблених антифрикційних самозмащувальних композитів на основі регенованих шліфувальних відходів сталей середнього хімічного складу, мас. %: P2AM9K5 + 6% CaF_2 , 5X3B3MFC + 6% CaF_2 [8, 9].



Такі нові композити [1, 2, 7–12] показали високі функціональні властивості у широкому діапазоні навантажуючих чинників експлуатації вузлів тертя друкерських машин, що представлено у табл. 1.

Як видно з табл. 1, властивості нових композитів значно перевершують функціональні характеристики традиційно застосованих литих антифрикційних деталей з латуні Л63 (аналог латуні CuZn37, 2.0321, стандарт DIN, Німеччина, або латунь C27200, ASTM B564 UNS стандарт США), що робить їх вельми перспективними як альтернатива існуючим литим деталям.

Окрім технологічних заходів задля підвищення об'ємних властивостей розроблених композитних деталей не менша увага

приділялась технологічному забезпеченню параметрів якості їх робочих поверхонь, що безпосередньо впливає на зносостійкість і довговічність вузла тертя [1, 2, 5–7].

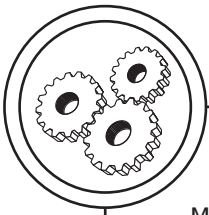
Оскільки розроблені нові антифрикційні деталі є самозмащувальним, до складу яких входить тверде мастило CaF_2 , саме мінімізація шорсткості поверхні R_a є передумовою утворення самозмащувальних захисних плівок тертя у процесі експлуатації, насамперед у пускові періоди.

Тому у процесі досліджень розроблено ефективні технологічні заходи з тонкої механічної обробки робочих поверхонь нових композитів, зокрема, з використанням ельборового інструменту, що дозволило одержати високі параметри якості.

Таблиця 1
Властивості досліджених антифрикційних композитів [1, 2, 7–12]

Склад, % мас.	Границя міцності при поперечному згині, R_{tr} , МПа	Ударна в'язкість, КС (ISO 5754-78), Дж/м ²	Твердість HBS 2,5/62,5/10 (ISO 4498-1-90)	Швидкість, об./хв				Гранична швидкість, об./хв/навантаж., МПа
				1000	3000	5000	7000	
P2AM9K5 + 6 CaF ₂	650–690	690–750	85,0–88,0	Коеф. тертя/знос, мкм/км	Коеф. тертя/знос, мкм/км	Коеф. тертя/знос, мкм/км	Коеф. тертя/знос, мкм/км	7500/5,0
5X3B3MFC+ 6 CaF ₂	555–570	740–790	77,0–85,0	0,17/37	0,19/55	0,24/83	0,25/119	7000/4,5
Лита латунь Л63, аналог латуні CuZn37, 2.0321, C27200 [3, 4]	340–420	680–720	77,0–82,0	0,34/570	0,47/980	Пластичне деформування		(800–1000)/1,0

Примітки: №№ 1, 2 — випробування при 2,0–5,0 МПа, контртіло сталь 9Х2; №№ 2, 3 — контртіло — сталь Р18; № 3 — тертя без змащування рідким мастилом, випробування при 1,0 МПа; Латунь Л63 — аналог латуні CuZn37, 2.0321, стандарт DIN, Німеччина, або латунь C27200, ASTM B564 UNS стандарт США.



Результати досліджень параметрів шорсткості R_a на прикладі тонкого плоского шліфування композиту P2AM9K5 + 6%CaF₂ наведено у табл. 2.

Схожі результати за параметром шорсткості R_a отримано при експериментах з круглого шліфування внутрішніх і зовнішніх поверхонь деталей з композитів, коли параметр R_a перебував у середньому в межах 0,220–0,382 мкм залежно від режимів різання.

Отримані результати дозволи сформувати конкретні технологічні режими фінішної обробки нових композитних деталей: найкращі значення параметру шорсткості R_a , що відповідають високим вимогам до якості поверхонь

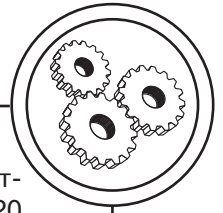
тертя деталей поліграфічних машин, забезпечують шліфувальні круги з ельбору ЛО зернистістю 14–28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці та тонкі режими різання.

Для забезпечення високих параметрів шорсткості поверхонь рекомендується здійснювати тонке ельборове шліфування за такими режимами різання: для плоского ельборового шліфування — швидкість круга — 22 м/с, поперечна подача — 2 м/хв, поперечна подача — 0,1 мм/подв. хід; глибина різання — 2 мкм; для круглого зовнішнього ельборового шліфування — швидкість круга — 35–40 м/с, швидкість обертання деталі — 30–35 м/хв, поперечна подача — 20–30 мм/об.

Таблиця 2
Параметри шорсткості R_a при тонкому плоскому шліфуванні композиту P2AM9K5 + 6%CaF₂

Поперечна подача, S_p , мм/подв. хід	Швидкість виробу (поперечна подача), V_v , м/хв	Глибина шліфування t , мм		
		0,002	0,010	0,015
		Параметр шорсткості R_a , мкм		
0,1	2	0,217	0,281	0,305
	5	0,260	0,288	0,318
	10	0,272	0,328	0,379
0,2	2	0,304	0,349	0,402
	5	0,336	0,380	0,486
	10	0,344	0,406	0,514
0,5	2	0,381	0,430	0,577
	5	0,398	0,486	0,615
	10	0,409	0,505	0,642
1,0	2	0,439	0,530	0,716
	5	0,481	0,553	0,777
	10	0,531	0,614	0,842

Примітки: Верстат — FF-350 «Abawerk» (Німеччина), абразив — ельбор ЛОМ14Бр1 100 % на бакелітно-гумовій зв'язці БР1, швидкість круга — 22 м/с, обробка — без охолодження.



та глибина різання — 2 мкм; для круглого внутрішнього ельборового шліфування — поздовжня подача — 25–30 мм/об., швидкість круга — 40 м/с, швидкість обертання деталі — 45–50 м/хв і глибина різання — 2 мкм.

Наступним етапом досліджень — визначення впливу розроблених нових композитних самозмащувальних антифрикційних деталей на основі шліфувальних відходів, оброблених за новими технологіями тонкого шліфування, безпосередньо на якість друкованої продукції.

Дослідження виконувались порівняно з традиційними втулками підшипників з литої латуні Л63, закордонним аналогом якої є латунь CuZn37, CW508L (EN стандарт) або C27200 (ASTM стандарт, США), та, якими нині оснащені вузли офсетних циліндрів друкарських машин типу KBA Rapida 105 та Heidelberg Speedmaster SM 102 FPL, що працюють при швидкостях обертання > 1000 об./хв і навантаженнях до 4,0 МПа.

В дослідженнях застосовували візуальні та інструментальні методи.

Дослідження оптичної густини ($D_{\text{відб.}}$) проводили при оцінці відбитків, що були надруковані на шестифарбовій машині KBA Rapida 105 на крейдованому папері масою 115 г/м² та на офсетному папері масою 80 г/м² з використанням блакитної, пурпурної, жовтої та чорної фарб «Rapida FW 7020».

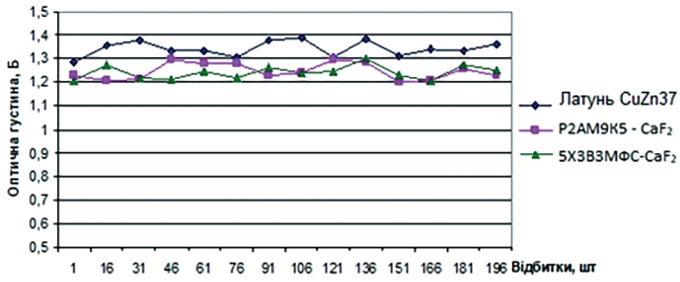
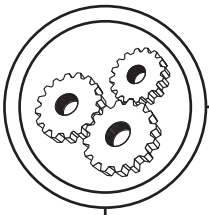
Тестовий наклад у кількості 200 аркушів паперу надрукований без зупинок. Візуально проводився контроль всіх отриманих відбитків.

Для інструментального контролю відбирали три партії по 20 аркушів (з початку, з середини та з кінця накладу). З цих партій відбирали по три аркуші, які підлягали вимірюванню. Вимірювання оптичної густини здійснювали за допомогою денситометра FAG Vipdens C2.

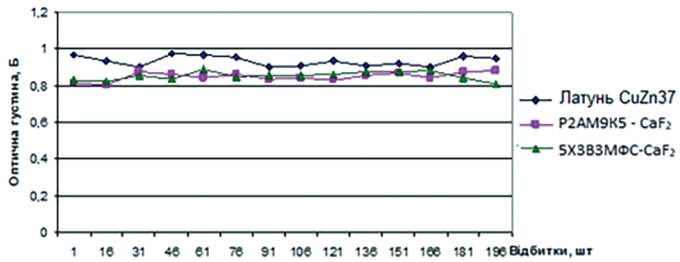
На рис. 1, 2 зображено результати порівняльних вимірювань оптичної густини плашки при роботі друкарської машини KBA Rapida 105 із встановленими у вузлі базовими литими підшипниками з латуні CuZn37 та антифрикційними композитними деталями на основі шліфувальних відходів сталей P2AM5K9 + 6%CaF₂ та 5X3B3MFC + 6%CaF₂, оброблених за новими технологіями тонкого ельборового шліфування.

Як видно з рис. 1, 2 розподіл оптичної густини на відбитках при застосуванні у друкарській машині самозмащувальних підшипників на основі шліфувальних відходів сталей P2AM5K9 + 6%CaF₂ та 5X3B3MFC + 6%CaF₂, оброблених за технологією тонкого ельборового шліфування, є досить рівномірним та практично не відрізняється від розподілу оптичної густини при застосуванні у вузлах машини базових литих антифрикційних деталей з латуні CuZn37, і перебуває в нормованих межах оптичної густини для крейдованого паперу чорної фарби — 1,5–1,65 Б; кольорових фарб — 0,9–1,5 Б.

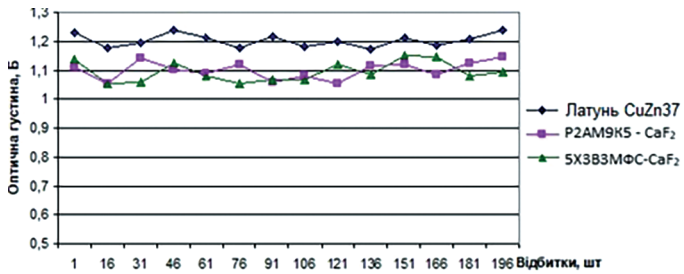
Видно, що розкид середнього значення оптичної густини на всіх відбитках незначний, в межах ±0,1 Б, що відповідає нормованим значенням і є візуально непомітним для людини.



а



в



г

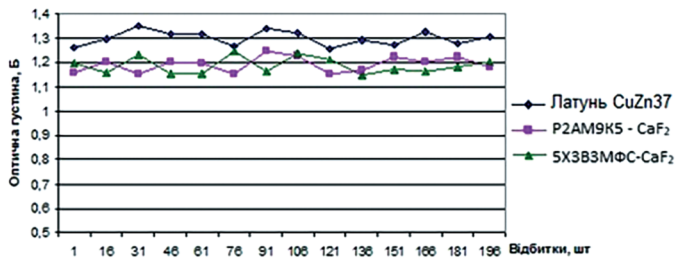
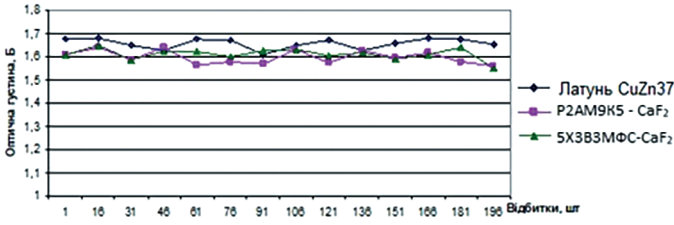
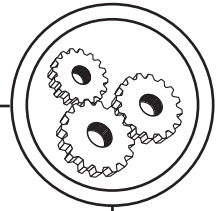
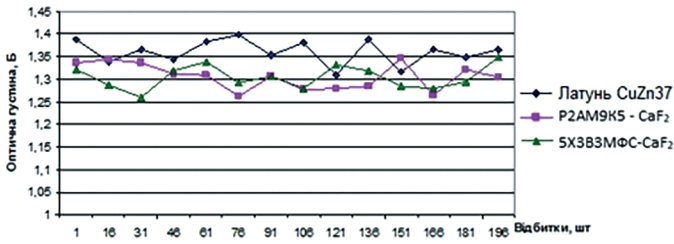


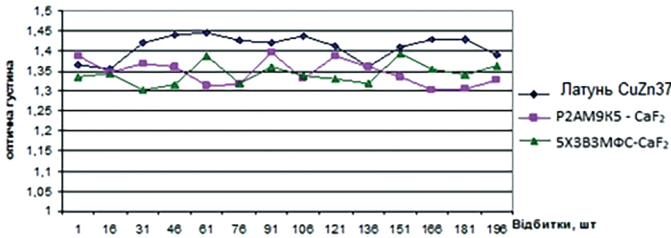
Рис. 1. Розподіл оптичної густини на відбитках на офсетному папері масою 80 г/м²: а — чорна фарба; б — жовта фарба; в — пурпурна фарба; г — блакитна фарба



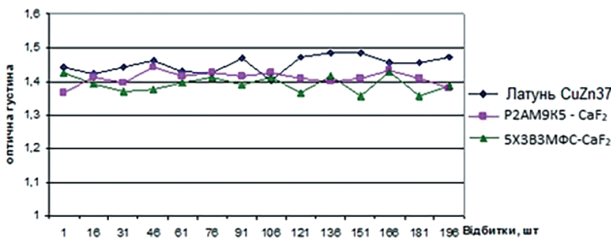
а



б

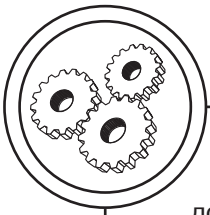


в



г

Рис. 2. Розподіл оптичної густини на відбитках на крейдованому папері масою 115 г/м²: а — чорна фарба; б — жовта фарба; в — пурпурна фарба; г — блакитна фарба



Візуально на якості друку відображається зміна оптичної густини від одного краю відбитка до іншого в межах 3 %.

Вельми рівномірний характер побудованих залежностей розподілу оптичної густини на різних типах паперу на відбитках із застосуванням різного типу фарб (рис. 1, 2) дає підстави зробити висновок про рівномірний розподіл фарбового шару по всій площі відбитків, надрукованих як на офсетному, так і на крейдованому папері при встановленні у вузли офсетних циліндрів друкарської машини KBA Rapida 105 композитних самозмащувальних антифрикційних деталей на основі регенерованих шліфувальних відходів сталей P2AM5K9 + 6%CaF₂ та 5X3B3MFC + 6%CaF₂, робочі поверхні яких механічно оброблені за новими технологіями тонкого шліфування.

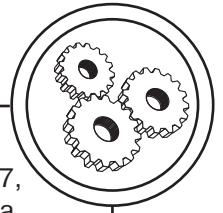
При подальшому оцінюванні якості друкованої продукції за розтискуванням та суміщенням фарб виявлено, що при застосуванні базових литих втулок підшипників з латуні CuZn37, які працюють з рідким мастилом, спостерігається нерівномірність суміщення фарб та підвищення розтискування.

Це пов'язано з явищами збільшення биття валів внаслідок спрацювання (інтенсивного зношення) робочих поверхонь втулок деталей тертя з литою латуні, коли при високих швидкостях обертання (> 1000 об./хв і вище) рідке мастило стає неефективним через викидання його із зони тертя відцентровими силами і контактні поверхні залишаються не захищеними. Робота вузла перетворюється у функціонування в режимі «сухого» тертя.

Тому при друкуванні накладу 9–10 тис. фарбо-відбитків кількість бракованих відбитків складала близько 400–500 відбитків, що відповідає ≈ 5 % браку продукції (рис. 3) при застосуванні втулок деталей тертя з литою латуні CuZn37 (вітчизняний аналог — латунь Л63).

Проте, при встановленні у вузол офсетного циліндра друкарської машини KBA Rapida 105 антифрикційних композитних самозмащувальних деталей на основі відновлених шліфувальних відходів інструментальних сталей P2AM5K9 + 6%CaF₂ та 5X3B3MFC + 6%CaF₂, робочі поверхні яких були оброблені за розробленими новими технологіями тонкого шліфування, у процесі друкування такого ж за об'ємом накладу кількість бракованих відбитків склала майже удвічі менше, ніж при роботі антифрикційних втулок з литою латуні CuZn37, а саме, 220–300 відбитків, що складає 2,8–3,0 % браку продукції.

Означений чинник пов'язаний з більшою рівномірністю суміщення фарб та зменшенням розтискування, що, у свою чергу, є наслідком зменшення биття валів у зв'язку із суттєвим підвищенням стабільності роботи вузла завдяки одночасному впливу двох важливих чинників: по-перше, ефекту постійного і безперервного самозмащування нових композитних деталей через наявність у їх складі твердого мастила CaF₂, яке разом з іншими компонентами пари тертя формує змащувальну антифрикційну плівку, а по-друге, досягнення ефекту перманентного змащення контактних поверхонь забезпечується завдяки високим параметрам якості по-



верхонь антифрикційних композитних деталей, що попередньо механічно оброблені за розробленими технологіями тонкого шліфування.

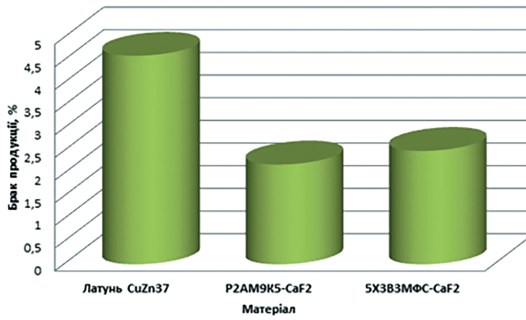
Висновки

1. Результати досліджень показали, що властивості нових антифрикційних композитів на основі шліфувальних відходів сталей P2AM5K9 + 6%CaF₂ та 5X3B3MΦC + 6%CaF₂, що оброблені за новими технологіями тонкого ельборового шліфування, значно перевершують характеристики традиційно застосованих литих антифрикційних деталей з лату-

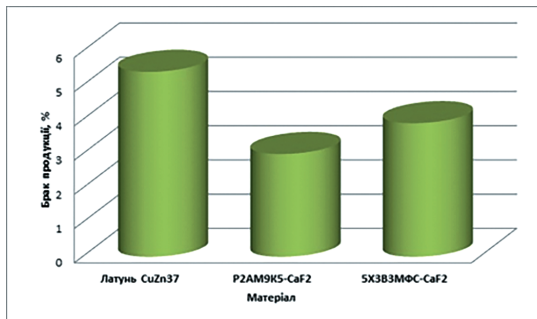
ні Л63 (аналог латуні CuZn37, 2.0321, стандарт DIN, Німеччина, або латунь C27200, ASTM B564 UNS стандарт США), що робить їх вельми перспективними як альтернатива існуючим литим деталям.

2. Розроблено ефективні технологічні заходи з тонкої механічної обробки нових композитів, зокрема, з використанням ельборового інструменту, що дозволило одержати високі параметри якості робочих поверхонь антифрикційних композитних деталей.

У свою чергу, високі параметри якості поверхонь деталей сприяють встановленню ефекту

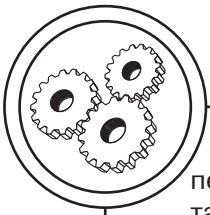


а



б

Рис. 3. Якість продукції при друкуванні на друкарській машині КВА Rapida 105 з використанням у вузлах тертя офсетних циліндрів базових та досліджуваних деталей: а — офсетний папір; б — крейдований папір



перманентного змащення контактних поверхонь всього високообертowego вузла тертя.

3. Порівняння параметрів якості друку при оцінюванні їх за розтискуванням та суміщенням фарб показало, що при застосуванні базових литих антифрикційних втулок з литої латуні CuZn37 у вузлах офсетних циліндрів друкарської машини KBA Rapida 105 спостерігається нерівномірність суміщення фарб та підвищення розтискування внаслідок інтенсивного зношення деталей з литої латуні, що призводить до зростання браку друкованої продукції до 5 %.

У той же час застосування нових антифрикційних композитів на основі шліфувальних відходів легованих сталей з твердим мастилом зменшує брак продукції до 2,8–3,0 % при друкуванні як на офсетному, так і на крейдованому папері, що пов'язано зі стабілізацією вузла тертя через надійну роботу самозмащувальних композитних деталей, які не потребують додаткового змащення рідким мастилом.

4. Одержані результати свідчать про високу ефективність і доцільність застосування у вузлах

офсетних, друкарських, формних циліндрів ряду друкарських машин композитних антифрикційних деталей (опорні втулки, вкладні, підшипники ковзання тощо) на основі відновлених шліфувальних відходів легованих сталей, що містять у своєму складі тверде мастило CaF₂, і є попередньо обробленими за новими технологіями тонкого шліфування.

Застосування композитних деталей сприяє підвищенню якості друкованої продукції та зменшенню браку як мінімум на 2,0–2,2 %.

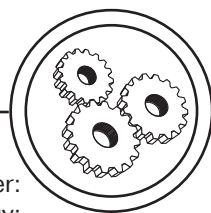
5. Використання нових антифрикційних композитних деталей на основі шліфувальних відходів сталей у вузлах офсетних циліндрів замість деталей з литої латуні CuZn37 сприяє збільшенню продуктивності роботи друкарських машин через зменшення часу для технічних зупинок обладнання для заміни запасних частин, ремонту та обслуговування робочих органів, що сприяє подовженню безупинного терміну служби машин, дозволяє збільшувати об'єми замовлень, а це обумовлює підвищення загального обсягу виробництва поліграфічної продукції.

Список використаної літератури

1. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин: монографія / [А. П. Гавриш, Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, П. О. Киричок, Ю. Ю. Віцюк, В. Г. Олійник]. ч. 3. К.: Видавничий дім «АртЕк», 2021. 202 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41909>.

2. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин: монографія / [А. П. Гавриш, П. О. Киричок, Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віцюк, В. Г. Олійник]. ч. 2. К.: Видавничий дім «АртЕк», 2019. 132 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42300>.

3. ASM Handbook, Volume 2: Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials. Publisher: ASM International. 1990. 1328 p. <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v02.9781627081627>.



4. ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures. Publisher: ASM International. 2004. 1184 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.asminternational.org/asm-handbook-volume-9-metallography-and-microstructures/results/-/journal_content/56/06044G/PUBLICATION/.

5. Scientific foundations of solving engineering tasks and problems: collective monograph / B. Demchyna, L. Vozniuk, M. Surmai, D. Hladyshch, V. Babyak, etc. International Science Group. Boston: Primedia Launch, USA, 2021. 758 p., Chapter 'Mechanical Engineering and Mechanical Engineering' / T. Roik, O. Gavrysh, Ju. Gavrysh. Surfaces' roughness of composite bearings based on grinding waste for printing machines units at fine cubonite grinding, International Science Group. Boston: Primedia Launch, USA, 2021. pp. 565–576. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. doi 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II. URL: <https://isg-konf.com>; <https://isg-konf.com/uk/scientific-foundations-of-solving-engineering-tasks-and-problems-technical-sciences-ua/>.

6. Findings of modern engineering research and developments: Scientific monograph. Riga, Latvia: 'Baltija Publishing', 2022. 554 p. / T. A. Roik, O. A. Gavrysh, Iu. Iu. Vitsiuk. Modeling of the composite parts' surface microrelief for printing equipment after magnetic abrasive processing. Edition: Riga, Latvia: 'Baltija Publishing', Published: May 9, 2022, pp. 413–436. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/217>, <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-207-4-15>.

7. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин: монографія / [П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, А. В. Шевчук, Ю. Ю. Віцюк]. К.: НТУУ КПІ, 2015. 428 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://scholar.google.com.ua/scholar?hl=uk&as_sdt=0,5&cluster=6673344392320605039; https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=kYNz4dwAAAAJ&citation_for_view=kYNz4dwAAAAJ:yB1At4FIUx8C.

8. Порошковий антифрикційний матеріал на основі швидкорізальної сталі: пат. 30377 Україна: МПК (2006), С22С33/02 / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, В. В. Холявко, Б. П. Зора. Опубл. 25.02.08. Бюл. № 4. 4 с.

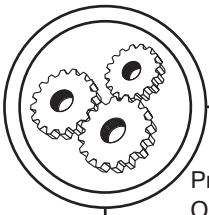
9. Підшипниковий композиційний матеріал: пат. 41532 Україна: МПК (2009), С22С33/02 / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, В. В. Холявко, О. О. Мельник, О. С. Луфференко. Опубл. 25.05.2009. Бюл. № 10. 4 с.

10. Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі: пат. 60522 Україна, МПК (2011.01) С22С33/02 / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, П. О. Киричок, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, О. О. Мельник. Опубл. 25.06.2011. Бюл. № 12. 4 с.

11. Антифрикційний композиційний матеріал на основі інструментальної сталі пат. 102299 Україна: МПК С22С33/02 (2006.01), С22С38/22(2006.01), С22С38/24 (2006.01), С22С38/38 (2006.01) / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, П. О. Киричок, Ю. Ю. Віцюк, О. О. Мельник, Ю. М. Подрезов, С. О. Замулко, Б. П. Зора. Заявка а 2011 13514 від 16.11.2011. Опубл. 25.06.2013. Бюл. № 12. 4 с.

12. Антифрикційний композиційний матеріал на основі інструментальної легованої сталі: пат. 128694 Україна: МПК (2018.01) С22С33/02 / Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віцюк, О. А. Гавриш. Заявка u201713010 від 28.12.2017. Опубл. 10.10.2018. Бюл. № 19. 4 с.

13. Roik T. Analysis of the parts' roughness parameters of high-speed printing equipment by optical profilometry / T. Roik, A. Brovkyn, A. Dubolazov //



Proceeding SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics. Chernivtsi, 21 December 2021. Vol. 12126. 1212617 <https://doi.org/10.1117/12.2615584>.

14. Роїк Т. А. Вплив режимів тонкого ельборового шліфування на шорсткість поверхонь самозмащувальних композитних деталей для друкарської техніки / Т. А. Роїк, А. О. Бровкин, О. П. Шостачук // Технологія і техніка друкарства. 2021. № 1(71). С. 51–61. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(71\).2021.238995](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(71).2021.238995).

15. Роїк Т. А. Підвищення якості робочих поверхонь самозмащувальних композитних деталей друкарської техніки тонким ельборовим шліфуванням / Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, А. О. Бровкин // Технологія і техніка друкарства. 2021. № 4(74). С. 63–78. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/253914/258520>.

16. Роїк Т. А. Параметри наклепу поверхонь антифрикційних композитних деталей тертя друкарських машин при фінішному кубонітовому шліфуванні / Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, А. О. Бровкин // Технологія і техніка друкарства. 2022. № 2(76). С. 22–36. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/267425/265122>.

17. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія / [А. П. Гавриш, П. П. Мельничук]. Житомир: Житомир. держ. технол. ун-т, 2004. 551 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.ukr-book.net/litopys/Knigki/2005/Lk_9_05.pdf.

18. Новітні технології виробництва стандартизованих виробів: монографія / [О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, С. В. Войтко]. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 204 с.

19. Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні: монографія / [Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш]. К.: ЕКМО, 2010. 212 с.

20. Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія / [А. П. Гавриш, П. П. Мельничук]. Житомир: ЖДТУ, 2003. 652 с.

References

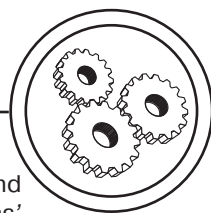
1. Havrysh, A. P., Roik, T. A., Havrysh, O. A., Kyrychok, P. O., Vitsiuk, Yu. Yu., & Oliinyk, V. H. (2021). *Shlifuvannia i dovodka znosostiikykh antyfryktsiinykh kompozytnykh detalei drukarskykh mashyn [Grinding and finishing of wear-resistant antifriction composite parts of printing machines]*. Part. 3. Kyiv: Vydavnychiy dim 'ArtEk', 202 p. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41909> [in Ukrainian].

2. Havrysh, A. P., Kyrychok, P. O., Roik, T. A., Vitsiuk, Yu. Yu., & Oliinyk, V. H. (2019). *Shlifuvannia i dovodka znosostiikykh antyfryktsiinykh kompozytnykh detalei drukarskykh mashyn [Grinding and finishing of wear-resistant antifriction composite parts of printing machines]*. Part. 2. Kyiv: Vydavnychiy dim 'ArtEk', 132 p. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42300> [in Ukrainian].

3. (1990). *ASM Handbook, Volume 2: Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials*. Publisher: ASM International, 1328 p. <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v02.9781627081627>.

4. (2004). *ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures*. Publisher: ASM International, 1184 p. Retrieved from https://www.asminternational.org/asm-handbook-volume-9-metallography-and-microstructures/results/-/journal_content/56/06044G/PUBLICATION/.

5. Demchyna, B., Vozniuk, L., Surmai, M., Hladyshev, D., & Babyak, V. (2021). Scientific foundations of solving engineering tasks and problems.



Boston: Primedia Launch, USA, 758 p., Chapter 'Mechanical Engineering and Mechanical Engineering' / Roik, T., Gavrysh, O., & Gavrysh, Ju. *Surfaces' roughness of composite bearings based on grinding waste for printing machines units at fine cubonite grinding*, International Science Group. Boston: Primedia Launch, USA, 565–576. doi 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II. Retrieved from <https://isg-konf.com>; <https://isg-konf.com/uk/scientific-foundations-of-solving-engineering-tasks-and-problems-technical-sciences-ua/> [in English].

6. (May 9, 2022). Findings of modern engineering research and developments. Riga, Latvia: 'Baltija Publishing', 554 p. / Roik, T. A., Gavrysh, O. A., & Vitsiuk, Iu. Iu. *Modeling of the composite parts' surface microrelief for printing equipment after magnetic abrasive processing*. Edition: Riga, Latvia: 'Baltija Publishing', 413–436 p. Retrieved from <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/217>. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-207-4-15> [in English].

7. Kyrychok, P. O., Roik, T. A., Havrysh, A. P., Shevchuk, A. V., & Vitsiuk, Yu. Yu. (2015). *Novitni kompozytsiini materialy detalei tertia polihrafichnykh mashyn: monohrafiia [The newest composite materials for friction parts of printing machines]*. Kyiv: NTUU KPI, 428 p. Retrieved from https://scholar.google.com.ua/scholar?hl=uk&as_sdt=0.5&cluster=6673344392320605039; https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=kYNz4dwAAAAJ&citation_for_view=kYNz4dwAAAAJ:yB1At4FIUx8C [in Ukrainian].

8. Roik, T. A., Havrysh, A. P., Kholiavko, V. V., & Zora, B. P. *Poroshkovyi antyfryktsiynyi material na osnovi shvydkorizalnoi stali [Powder antifriction material based on high-speed steel]* // Patent 30377 Ukraine. Publish 25.02.08 [in Ukrainian].

9. Roik, T. A., Havrysh, A. P., Havrysh, O. A., Vitsiuk, Yu. Yu., Kholiavko, V. V., Melnyk, O. O., & Luferenko, O. S. *Pidshyprnykovyi kompozytsiynyi material [Bearing composite material]* // Patent 41532 Ukraine. Publish 25.05.2009 [in Ukrainian].

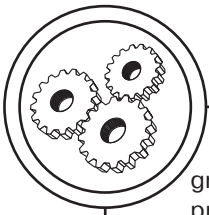
10. Roik, T. A., Havrysh, A. P., Kyrychok, P. O., Havrysh, O. A., Vitsiuk, Yu. Yu., & Melnyk, O. O. *Pidshyprnykovyi kompozytsiynyi material na osnovi instrumentalnoi stali [Bearing composite material based on tool steel]* // Patent 60522 Ukraine. Publish 25.06.2011 [in Ukrainian].

11. Roik, T. A., Havrysh, A. P., Havrysh, O. A., Kyrychok, P. O., Vitsiuk, Yu. Yu., Melnyk, O. O., Podrezov, Yu. M., Zamulko, S. O., & Zora, B. P. *Antyfryktsiynyi kompozytsiynyi material na osnovi instrumentalnoi stali [Antifriction composite material based on tool steel]* // Patent 102299 Ukraine. Publish. 25.06.2013 [in Ukrainian].

12. Roik, T. A., Vitsiuk, Yu. Yu., & Havrysh, O. A. *Antyfryktsiynyi kompozytsiynyi material na osnovi instrumentalnoi lehovanoi stali [Antifriction composite material based on tool alloy steel]* // Patent 128694 Ukraine. Publish 10.10.2018 [in Ukrainian].

13. Roik, T., Brovkyn, A., & Dubolazov, A. (Chernivtsi, 21 December 2021). Analysis of the parts' roughness parameters of high-speed printing equipment by optical profilometry. *Proceeding SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics*, Vol. 12126, 1212617. <https://doi.org/10.1117/12.2615584> [in English].

14. Roik, T. A., Brovkyn, A. O., & Shostachuk, O. P. (2021). Vplyv rezhymiv tonkoho elborovoho shlifuvannia na shorstkist poverkhon samozmashchувalnykh kompozytnykh detalei dlia drukarskoi tekhniki [Influence of fine elbor



grinding modes on surface roughness of self-lubricating composite parts for printing equipment]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(71), 51–61. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(71\).2021.238995](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(71).2021.238995) [in Ukrainian].

15. Roik, T. A., Havrysh, O. A., Vitsiuk, Yu. Yu., & Brovkyn, A. O. (2021). Pidvyshchennia yakosti robochykh poverkhon samozmashchувальnykh kompozytnykh detalei drukarskoi tekhniky tonkym elborovym shlifuvanniam [Improving the Working Surfaces Quality of Self-Lubricating Composite Parts for Printing Machines by Fine Elbor Grinding]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (4(74), 63–78. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/253914/-258520> [in Ukrainian].

16. Roik, T. A., Havrysh, O. A., Vitsiuk, Yu. Yu., & Brovkyn, A. O. (2022). Parametry naklepu poverkhon antyfyktsiinykh kompozytnykh detalei tertia drukarskykh mashyn pry finishnomu kubonitovomu shlifuvanni [Surface hardening parameters of antifriction composite friction parts of printing machines during finishing Cubanite grinding]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (2(76), 22–36. <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/267425/265122> [in Ukrainian].

17. Havrysh, A. P., & Melnychuk, P. P. (2004). *Finishna almazno-abrazyvna obrobka mahnitnykh materialiv [Finishing diamond-abrasive processing of magnetic materials]*. Zhytomyr: Zhytomyr. derzh. tekhnol. un-t, 551 p. Retrieved from http://www.ukrbook.net/litopys/Knigki/2005/Lk_9_05.pdf [in Ukrainian].

18. Havrysh, O. A., Vitsiuk, Yu. Yu., Roik, T. A., Havrysh, A. P., & Voitko, S. V. (2012). *Novitni tekhnolohii vyrobnytstva standartyzovanykh vyrobiv [The newest production technologies of the standardized products]*. Kyiv: NTUU 'KPI', 204 p. [in Ukrainian].

19. Roik, T. A., Havrysh, A. P., & Havrysh, O. A. (2010). *Suchasni systemy tekhnolohii zahotivelnoho vyrobnytstva v mashynobuduvanni [Modern systems of blank production technologies in mechanical engineering]*. Kyiv: EKMO, 212 p. [in Ukrainian].

20. Havrysh, A. P., & Melnychuk, P. P. (2003). *Almazno-abrazyvna obrobka mahnitnykh materialiv [Diamond-abrasive processing of magnetic materials]*. Zhytomyr: ZhDTU, 652 p. [in Ukrainian].

The article is devoted to determining the influence of new antifriction composite parts based on regenerated grinding waste of P2AM9K5 and 5X3V3MFS steels with CaF₂ solid lubricant additives, processed according to the developed modes of fine elbor grinding, on the printed products quality. The developed effective technological measures for new composites fine machining, in particular with the use of elbor tools, made it possible to obtain high quality parameters of the anti-friction composite parts' working surfaces.

Keywords: antifriction composite parts; fine grinding; surface roughness; quality; printed products; printing machines.

Надійшла до редакції 12.04.23