

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.3

А.П. Гавриш, д.т.н., проф.

Т.А. Роїк, д.т.н., проф.

П.О. Киричок, д.т.н.

О.А. Гавриш, д.т.н.

Ю.Ю. Віцюк, к.т.н., с.н.с.

Національний технічний університет України «КПІ»

ВПЛИВ СКЛАДУ ІНСТРУМЕНТУ І РЕЖИМІВ ТОНКОГО ЕЛЬБОРОВОГО ШЛІФУВАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ КОМПЗИТНИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

Наведено результати експериментального дослідження тонкого ельборового шліфування високолегованих композитних сплавів, синтезованих з відходів інструментального виробництва для обробки поверхонь підшипників ковзання поліграфічних машин. Показано переваги обробки ельборовими кругами. Розроблено рекомендації щодо вибору режимів різання для тонкого ельборового шліфування підшипників ковзання з нових композитних сплавів для високошвидкісних ротаційних поліграфічних машин, які забезпечують вимоги отримання відповідних параметрів шорсткості поверхонь.

Постановка проблеми. Вимоги до якості поверхонь деталей тертя, які працюють в умовах інтенсивного зношування, постійно зростають, що обумовлюється безперервним підвищенням важливих експлуатаційних параметрів поліграфічної техніки і, в першу чергу, зростанням термінів служби деталей, механізмів і машин у цілому.

Останнім часом для суттєвого збільшення термінів експлуатації підшипників ковзання поліграфічних машин були синтезовані та впроваджені у виробництво нові самозмащувальні підшипники ковзання з композиційних матеріалів, створених на основі регенованих шліфувальних відходів інструментальних легованих сталей 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5ХЗВЗМФС з домішками твердого мастила CaF_2 , які здатні успішно функціонувати при швидкостях обертання 600–800 об./хв. і питомих тисках 2,0–4,0 МПа багатьох друкарських машин [1–5].

При виготовленні деталей вузлів тертя друкарських машин КВА «Rapida–105», «STAR BINDER 1509» та ін. застосовуються підшипники ковзання, технологія механічної обробки яких побудована таким чином, що на фінішних операціях технологічного процесу

використовують абразивне шліфування та надтонке магніто-абразивне (МАО) оброблення [3].

З точки зору оптимізації параметрів якості поверхонь оброблення достатньо детально було досліджено процеси тонкого абразивного шліфування та МАО [6–10] та створено відповідні технологічні рекомендації.

На жаль, процеси тонкого ельборового шліфування нових високолегованих композиційних деталей тертя, виготовлених на основі вторинної сировини, зокрема, на основі шліфувальних відходів сталей 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5ХЗВЗМФС залишились взагалі не дослідженими, хоча вони, внаслідок дії відомого [2] принципу технологічної спадкоємності, на 80–90 % формують умови отримання найякісніших поверхонь тертя композитних підшипників друкарських машин. В науково-технічній літературі є багато публікацій із застосування інструментів з надтвердих синтетичних матеріалів для обробки деталей різних галузей виробництва [11–21]. Науковцями та практикою провідних машинобудівних підприємств доведено, що застосування ельборового шліфування (перш за все, завдяки особливостям інструменту) дозволяє отримати найкращі показники якості оброблюваних поверхонь.

Але відсутність технологічних рекомендацій з ельборового шліфування високолегованих та важкооброблюваних композитних сплавів призводить до застосування на практиці різних технологічних схем шліфування, далеко не завжди оптимальних. Вказане викликає поширення різних технологій, часто суттєво різних, які здебільшого створені відповідно до можливостей того чи іншого підприємства.

Усе це вимагає від науковців і практиків всебічно дослідити процеси тонкого ельборового шліфування підшипників ковзання з нових композиційних матеріалів на основі шліфувальних відходів інструментальних сталей та на цій основі створити типові технологічні процеси для галузі поліграфічного машинобудування, що ілюструє *актуальність обраної теми* досліджень.

Мета і завдання досліджень. Метою даної роботи було дослідження параметрів шорсткості поверхонь при тонкому ельборовому шліфуванні нових композитних підшипників на основі шліфувальних відходів сталей 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5ХЗВЗМФС з домішками твердого мастила CaF_2 та встановлення впливу зернистості шліфувального круга, типу зв'язки інструменту і основних режимів різання на якісні показники поверхонь оброблення досліджуваних деталей тертя друкарських машин.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження з означеної науково-технічної задачі виконувалися згідно з методикою, наведеною у роботах [2–4, 9, 10, 14]. Їх результати представлено у таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 показує, що параметр шорсткості R_a змінюється зі зміною режимних факторів оброблення – глибини шліфування, поперечної та поздовжньої подач.

Таблиця 1

Параметр шорсткості R_a при тонкому плоскому шліфуванні підшипникового композитного сплаву [1]

Поперечна подача $S_{\text{поп.}}$ мм/подв. хід	Швидкість виробу (поздовжня подача) V_b , м/хв.	Глибина шліфування t , мм		
		0,002	0,01	0,05
		R_a , мкм		
0,1	2	0,210	0,280	0,318
	5	0,260	0,292	0,339
	10	0,275	0,335	0,395
0,2	2	0,310	0,350	0,410
	5	0,340	0,380	0,491
	10	0,353	0,408	0,520
0,5	2	0,384	0,430	0,582
	5	0,409	0,485	0,631
	10	0,417	0,505	0,657
1,0	2	0,440	0,530	0,724
	5	0,480	0,551	0,775
	10	0,529	0,612	0,840

Примітки: верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН), абразив – ельбор ЛЮМ14Бр1 100 % на бакелітно-гумовій зв'язці БР1, швидкість круга – 22 м/с, обробка – без охолодження

Обробка експериментів за допомогою статистичних методів, зокрема, із застосуванням методу Ст'юдента для випадку залежних змінних оброблених зразків при фіксованих значеннях двох варіюючих величин (наприклад, V_b , t) та при змінній третій величині (наприклад, $S_{\text{поп.}}$), показала, що досліджені сукупності суттєво різняться.

Аналогічні результати отримані при порівнянні вибірок для подач 0,1–1,0 мм/подв. хід та швидкостей 2–10 м/хв. Слід зауважити, що зі збільшенням різниці між подачами порівнюваних вибірок і різниці між швидкостями відмінності між табличним та розрахунковим розподілом Ст'юдента зростають. Це дозволяє зробити висновок, що існує зв'язок між параметром шорсткості поверхні R_a та глибиною різання t :

$$R_a = f(t), S_{\text{поп.}} = \text{const}, V_b = \text{const}.$$

Використовуючи методи математичної статистики, неважко показати, що існує зв'язок між параметром R_a та поперечною подачею $S_{\text{поп.}}$:

$$R_a = f(S_{\text{поп.}}), V_B = \text{const}, t = \text{const}.$$

Аналогічний статистичний зв'язок існує між параметром шорсткості R_a та швидкістю V_B : $R_a = f(V_B), S_{\text{поп.}} = \text{const}, t = \text{const}$.

Дослідження фактичного зв'язку між шорсткістю поверхні та режимними факторами шліфування методами кореляційного аналізу дозволило встановити кількісні співвідношення між досліджуваними факторами.

Для отримання рівняння множинної кореляції на основі наведених експериментальних даних були знайдені коефіцієнти кореляції парних залежностей: R_a-t ; $R_a-S_{\text{п.}}$; R_a-V_B ; $S_{\text{поп.}}-V_B$; $S_{\text{поп.}}-t$; $t-V_B$.

Проведені розрахунки показують, що між факторами R_a , $S_{\text{поп.}}$, V_B , t існує щільний лінійний зв'язок. Формальний математичний аналіз показує, що між факторами $S_{\text{поп.}}-t$; $t-V_B$ та $S_{\text{поп.}}-V_B$ зв'язок відсутній, хоча це видно із загальних технічних міркувань. Отримані коефіцієнти кореляції r_k далекі від 1. Це свідчить про те, що, крім даного фактора (для якого визначено r_k), на параметр шорсткості R_a впливають й інші фактори. Значення коефіцієнтів кореляції вказує на ступінь впливу на шорсткість поверхні досліджуваних факторів.

Найбільше впливають на параметр шорсткості R_a глибина різання t та поперечна подача $S_{\text{поп.}}$, найменше – швидкість випробу V_B .

Рівняння множинної кореляції для досліджуваних факторів має вигляд:

$$R_a = 0,255S_{\text{п.}} + 5,21t + 0,0051 V_B - 0,0438. \quad (1)$$

Аналіз формули (1) показує, що на параметр шорсткості R_a найбільше впливають глибина шліфування t та поперечна подача $S_{\text{п.}}$, а найменше – швидкість виробу V_B .

Точність цієї моделі можна підвищити, якщо поділити весь діапазон режимів плоского шліфування на дві групи:

I група:

- поперечна подача $S_{\text{п.}} = 0,01-0,02$ мм/подв. хід;
- глибина шліфування $t = 0,002-0,100$ мм;
- швидкість виробу $V_B = 2,0-4,0$ м/хв.

II група:

- поперечна подача $S_{\text{п.}} = 0,5-1,0$ мм/подв. хід;
- глибина шліфування $t = 0,02-0,05$ мм;
- швидкість виробу $V_B = 5,0-15,0$ м/хв.

Після деяких перетворень рівняння (1) може бути трансформоване і набуде вигляду:

I група:

$$R_a = 0,2552S_{\text{пл}} + 5,21t + 0,0051 V_B - 0,0041. \quad (2)$$

II група:

$$R_a = 0,2552S_{\text{пл}} + 5,21t + 0,0051 V_B - 0,0532. \quad (3)$$

Розраховані за формулами (2) та (3) значення R_a відрізняються від експериментальних на 12–15 %, що дозволяє використовувати дані формули для практичних розрахунків. Наприклад, знаючи конкретні значення $S_{\text{пл}}$, t , V_B для даного ельборового інструмента, можна орієнтовно визначити, яким буде параметр R_a та оцінити (з точки зору вимог, що висуваються до підшипників) прийнятність обраних режимів шліфування.

Слід зазначити, що отримані висновки підтверджуються при тонкому ельборовому шліфуванні кругами різної зернистості – M50, M28, M14 та M7. Відповідні експериментальні дані наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив зернистості інструменту на параметр шорсткості поверхні R_a при тонкому плоскому ельборовому шліфуванні заготовок композитних підшипників на основі відходів інструментальних сталей [6–9]

Характеристика ельборового (ЛО) інструмента	Матеріал зразка		
	86Х6НФТ+ 5 %CaF ₂	4ХМНФС+ 5 %CaF ₂	5ХЗВЗМФС+ 5 %CaF ₂
	R_a , мкм		
ЛО10Бр1 100 %	0,921	0,934	0,951
ЛО5Бр1 100 %	0,882	0,903	0,907
ЛОМ28Бр1 100 %	0,271	0,275	0,286
ЛОМ20Бр1 100 %	0,223	0,231	0,291
ЛОМ14Бр1 100 %	0,210	0,217	0,219
ЛОМ10Бр1 100 %	0,200	0,207	0,210
ЛОМ7Бр1 100 %	0,167	0,182	0,177
63СМ14Гл	0,621	0,673	0,681
63СМ7Гл	0,358	0,367	0,384

Примітки: верстат – FF-350 «АВawerk» (ФРН); режими шліфування: швидкість кругу – 22 м/с; поздовжня подача (швидкість виробу) – 2 м/хв.; поперечна подача – 0,1 мм/подв. хід; глибина різання – 0,002 мм; обробка – без охолодження

Аналіз даних таблиці 2 дозволяє зробити суттєві практичні висновки: найменшу шорсткість поверхні у досліджуваному діапазоні зернистості інструмента (7–100 мкм) забезпечують ельборові круги з

зернистістю 7 мкм. Ці результати можуть бути пояснені загальними положеннями теорії шліфування.

Дійсно, збільшення шорсткості поверхонь зі зростанням зернистості обумовлюється збільшенням перерізу a_z зрізу шару металу. Покращення шорсткості також пояснюється і тим, що зерна синтетичного алмазу мають достатньо гостру форму (мінімальний кут загострення при вершині зерна) та найменший (порівняно з електрокорундовими та монокорундовими зернами) радіус округлення одиночного зерна (табл. 3).

В результаті математичної обробки експериментальних даних було отримано кореляційне рівняння зв'язку параметра шорсткості R_a із зернистістю A ельборового інструмента, що має вигляд:

$$R_a = 0,0053A - 0,0070. \quad (4)$$

Таблиця 3

Середні значення геометрії кута різальних зерен у різних абразивних матеріалах

Абразивний матеріал	Зернистість	Геометрія вершини зерна	
		радіус заокруглення ρ , мкм	кут при вершині, град.
Алмази природні	A10/8	2,8	78,1
	A6/5	2,3	73,3
	AM14/10	1,6	70,2
Алмази синтетичні	AC10/8	2,2	57,4
	AC6/5	1,1	52,2
	ACM14/10	0,7–0,8	49,5
Карбід кремнію зелений	63C10	7,5	95,1
	63CM28	2,3	92,1
	63CM14	2,0	90,6
Ельбор	ЛО10/8	2,25	58
	ЛО6/5	1,15	53
	ЛОМ14/10	0,8–0,85	50,1
Електрокорунд білий	23A10	9,5	98,3
	23AM28	2,7	94,7
	23AM14	2,4	92,5

Таким чином, знаючи зернистість ельборового шліфувального круга А, можна розрахувати параметр шорсткості R_a і впевнитися у тому, що обраний інструмент забезпечить вимоги до якості робочих поверхонь підшипників ковзання. Це значно спрощує зусилля технологів-практиків при раціональному виборі шліфувального інструменту під час проектування технологічних процесів.

Суттєвим питанням є й те, як впливає склад зв'язки ельборового круга на параметр шорсткості поверхні R_a , результати дослідження якого наведено у таблиці 4.

Слід зауважити, що основні експерименти проводилися на зразках композитів, отриманих на основі шліфувальних відходів інструментальної сталі 86Х6НФ з домішками твердого мастила CaF_2 , і дещо обмежена кількість дослідів виконувалася на зразках композитів з інших сталей, зокрема 4ХМНФС та 5ХЗВЗМФС (для встановлення загальних закономірностей).

Таблиця 4

Вплив матеріалу зв'язки ельборового круга на параметр шорсткості обробленої поверхні R_a зразків з композитів на основі відходів сталі 86Х6НФТ при плоскому шліфуванні

Характеристика абразивного інструмента	Матеріал зв'язки круга	Параметр шорсткості R_a , мкм
ЛО5Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,945
ЛО5Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,882
ЛО5К1 100 %	Керамічна К1	1,270
ЛО5М1 100 %	Металева М1	1,210
ЛОМ28Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,317
ЛОМ28Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,271
ЛОМ28К1 100 %	Керамічна К1	0,523
ЛОМ14Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,243
ЛОМ14Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,210
ЛОМ14К1 100 %	Керамічна К1	0,415
ЛОМ10Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,200
ЛОМ7Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,167

Примітки: верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими різання: швидкість кругу – 22 м/с; поздовжня подача (швидкість виробу) – 2 м/хв.; поперечна подача – 0,1 мм/подв. хід; глибина різання – 0,002 мм; шліфування – без охолодження

Аналізуючи дані таблиці 4, необхідно зазначити, що найкращі значення параметрів шорсткості R_a поверхонь оброблення деталей з нових композитних сплавів на основі інструментальних сталей забезпечують ельборові круги на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1. Це

може бути пояснено її більш еластичною здатністю і, таким чином, при шліфуванні (під час врізання зерна, що ріже, у метал) під дією складових сил різання кожне зерно начебто демпфується в напрямку пружно-еластичного середовища зв'язки. Це обумовлює фактичне зменшення глибини різання. Отже, змінюються умови формування шорсткості поверхні оброблення і, як наслідок, зменшується параметр шорсткості R_a , який є одним із найголовніших факторів, що характеризує якість поверхні після тонкого ельборового шліфування.

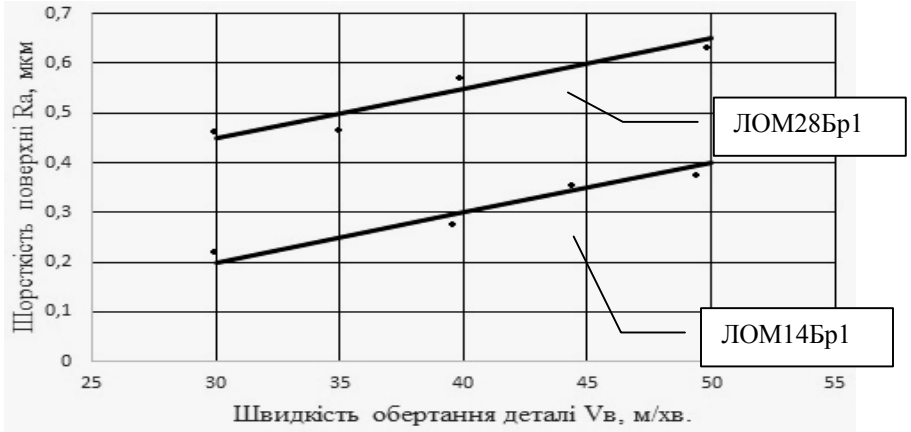
Слід зауважити, що ці висновки зроблені на підставі аналізу фактичних даних, отриманих під час експериментального дослідження із застосуванням широкої гами зв'язок (бакелітна, керамічна, металева, бакелітно-гумова) та зернистостей ельборового кругу (100, 28, 14, 10 та 7 мкм).

Приймаючи до уваги те, що фізичні явища у процесі різання металів принципово подібні для плоского, зовнішнього круглого та внутрішнього шліфування, експериментальне дослідження процесів тонкого зовнішнього круглого і внутрішнього ельборового шліфування композитних підшипникових сплавів на основі відходів інструментальних сталей виконувалося з урахуванням наведених вище результатів. Зокрема, для дослідів використовувались ельборові інструменти з ельбору ЛО зернистістю 14–28 мкм, які сформовані у шліфувальні круги бакелітно-гумовою зв'язкою (Бр1).

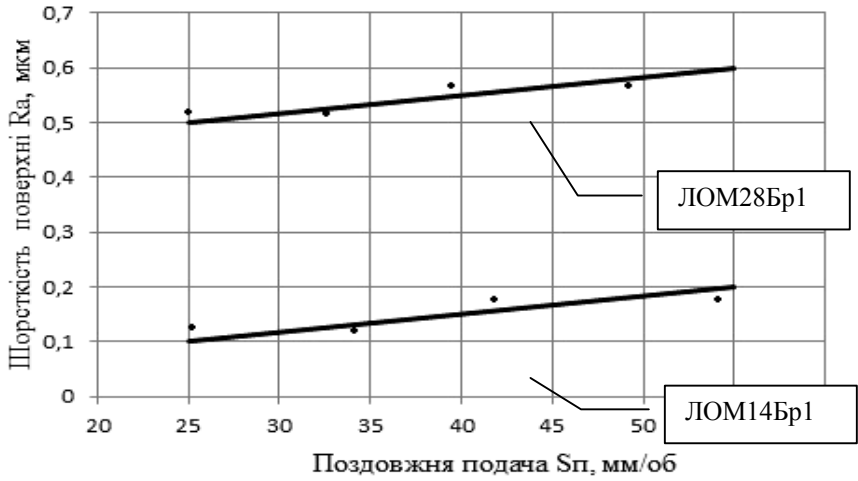
Зазначимо, що зовнішнє тонке ельборове кругле шліфування виконувалося на прецизійному верстаті AS-250 «Werkzajt» (ФРН), а для внутрішнього шліфування застосовувався прецизійний внутрішньошліфувальний верстат надвисокої точності SS-125 «Studder» (Швейцарія).

Основні результати досліджень наведено на рисунках 1, 2.

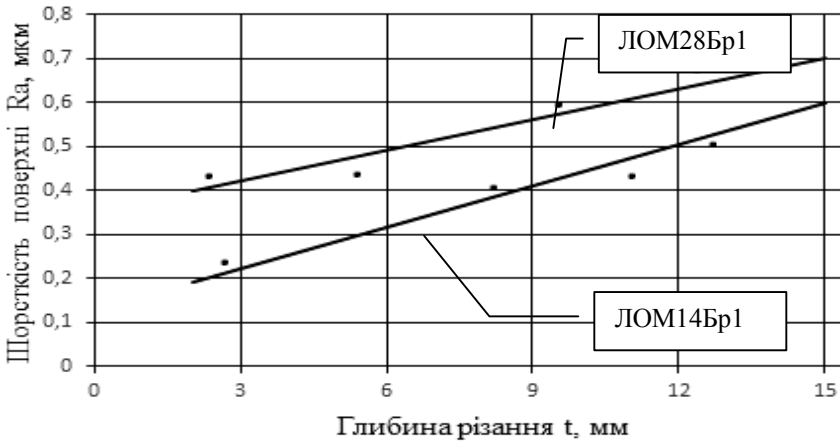
Аналіз експериментів (рис. 1) показує, що на шорсткість поверхонь деталей з нових композитних матеріалів при тонкому зовнішньому круглому ельборовому шліфуванні (як і при плоскому ельборовому шліфуванні) суттєво впливають режими різання: швидкість виробу V_b , поздовжня подача S_n та глибина різання t , а також розмір зерна абразиву та склад зв'язки ельборового інструмента.



а)



б)



в)

Рис. 1. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a від режимів тонкого ельборового шліфування V_v , S_n , t при зовнішньому круглому шліфуванні

(швидкість ельборового круга – $V_{кр} = 30$ м/с):

а) $S = 5$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_v = 30$ м/хв.; $t = 2$ мкм;

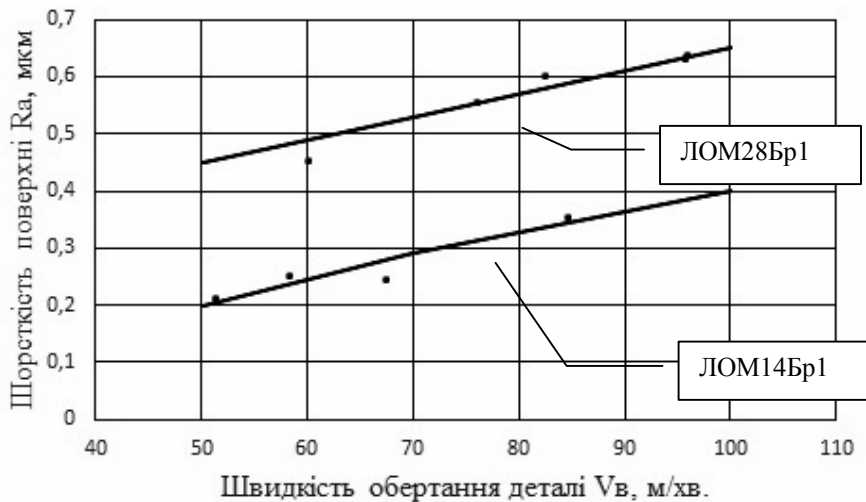
в) $V_v = 30$ м/хв.; $S_n = 5$ м/об.

Аналогічно до плоского ельборового шліфування найкращу якість оброблених зовнішніх поверхонь композитних циліндричних деталей (за параметром шорсткості R_a) тонким ельборовим круглим зовнішнім шліфуванням забезпечує застосування інструментів на основі ельбору (ЛО) на бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1), зернистістю 14–28 мкм (М14–М28) та застосування тонких режимів шліфування ($V_v \rightarrow \min$; $S_n \rightarrow \min$; $t \rightarrow \min$).

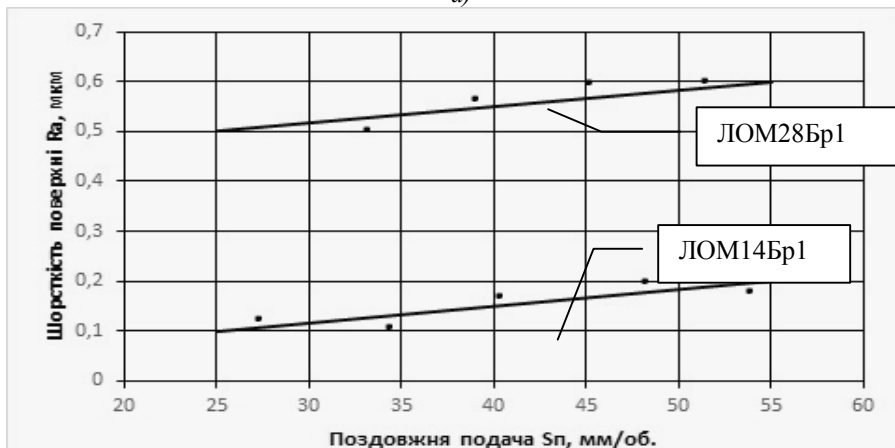
Схожі результати отримано при тонкому круглому внутрішньому ельборовому шліфуванні робочих поверхонь тертя підшипників ковзання з нових композитних сплавів на основі відходів інструментальних сталей.

Результати експериментів наведено на графіках (рис. 2). Їх аналіз показує, що при застосуванні для прецизійного внутрішнього ельборового шліфування деталей з нових композиційних сплавів на основі відходів інструментальних сталей з використанням для оброблення ельборових кругів на основі ельбору ЛО зернистістю 14–28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці, на параметр шорсткості поверхні оброблення R_a найбільше впливають глибина різання t , поздовжня подача S_n та швидкість обертання деталі V_v . Найкращі результати за параметром якості R_a (тобто отримання мінімальної шорсткості

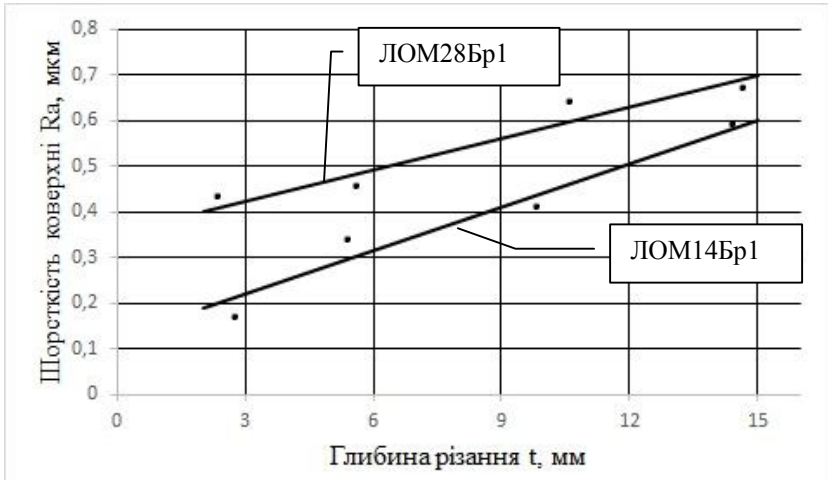
поверхні) забезпечують тонкі режими ельборового шліфування, а саме, мінімальні можливі (з точки зору технічних можливостей верстата) режими різання – глибина шліфування, поздовжня подача та швидкість обертання деталі.



а)



б)



в)

Рис. 2. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a від режимів тонкого ельборового шліфування V_e , S_n , t при тонкому круглому внутрішньому шліфуванні (швидкість ельборового круга – $V_{кр.} = 40$ м/с): а) $S_n = 30$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_e = 50$ м/хв.; $t = 2$ мкм; в) $V_e = 50$ м/хв.; $S_n = 30$ мм/об.

Висновки. Узагальнюючи комплекс виконаних досліджень, необхідно зробити важливі як наукові, так і практичні висновки.

1. Вперше досліджено процеси тонкого ельборового оброблення нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей, що відкриває можливості одержання високоякісних деталей тертя з нових композитів для поліграфічних машин.

2. Показано, що основні закономірності тонкого прецизійного ельборового шліфування нових композиційних сплавів збігаються при плоскому, круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуваннях.

3. Доведено, що на параметр якості поверхні оброблення R_a суттєво впливають зернистість, матеріал зв'язки ельборового круга та режими тонкого ельборового шліфування.

4. Найкращі показники параметра R_a , які задовольняють високі вимоги до поверхонь тертя деталей поліграфічних машин, забезпечують шліфувальні круги з ельбору ЛО зернистістю 14–28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці та тонкі режими різання, а саме:

- для **плоского ельборового шліфування**: швидкість круга – 22 м/с, поздовжня подача – 2 м/хв., поперечна подача – 0,1 мм/подв. хід; глибина різання – 2 мкм;

- для **зовнішнього круглого ельборового шліфування**: швидкість абразивного круга – 30 м/с, швидкість виробу (деталі) – 30 м/хв., поздовжня подача – 30 мм/об., глибина різання – 2 мкм;

- для **круглого внутрішнього ельборового шліфування**: швидкість круга – 40 м/с, швидкість виробу – 50 м/хв., поздовжня подача – 30 мм/об., глибина різання – 2 мкм.

5. Подальші дослідження будуть спрямовані на виконання експериментів та встановлення закономірностей формування параметрів якості поверхонь оброблення нових композитних деталей тертя поліграфічних машин, зокрема, параметрів шорсткості та фізичних властивостей поверхневого шару оброблення при тонкому шліфуванні із застосуванням найновітніх шліфувальних інструментів – кругів на основі синтетичного алмазу та борозону, що обумовить реалізацію подальших кроків для підвищення зносостійкості деталей такого типу та поліграфічної машини у цілому.

Список використаної літератури:

1. Патент України № 60522, МПК C22C33/02 (2006.01). Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі / *Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок та ін.* – Оупбл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
2. *Роїк Т.А.* Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні : монографія / *Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.А. Гавриш.* – К. : ЕКМО, 2010. – 212 с.
3. Новітні технології виробництва стандартизованих виробів : монографія / *О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віцюк, Т.А. Роїк та ін.* – К. : НГУУ “КПІ”, 2012. – 204 с.
4. Патент України № 59768 А, МКИ C22C33/02 Антифрикційний композиційний матеріал на основі сталі / *Т.А. Роїк.* – Оупбл. 15.09.2003.
5. *Роїк Т.А.* Подшипниковые высокотемпературные материалы на основе металлических порошков-отходов / *Т.А. Роїк // Техніка майбутнього : сб. науч. трудов.* – Одеса : Вид-во Одеського морського університету, 1999. – № 1. – С. 3–7.
6. Новітні технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації / *А.П.*

- Гавриш, О.О. Мельник, Т.А. Роїк та ін.* – К. : НТУУ “КПІ”, 2012. – 196 с.
7. Вплив технології виготовлення та магнітно-абразивної обробки на властивості високошвидкісних підшипників / *О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк, А.П. Гавриш та ін.* // Вісник Національного технічного університету України “КПІ” : Серія машинобудування. – № 59. – К. : НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 75–78.
 8. Принципи одержання композиційних зносостійких матеріалів на основі відходів інструментального виробництва / *Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок* / Прогрессивные технологии и системы машиностроения : міжнар. зб. науч. тр. – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – Вып. 1, 2 (43). – С. 261–265.
 9. Вплив абразивного інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні / *А.П. Гавриш, А.В. Шевчук, Т.А. Роїк* // Технологія і техніка друкарства. – № 3(37). – 2012. – С. 119–127.
 10. Силове поле при тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів для друкарської техніки / *А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк* // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : міжнар. зб. науч. тр. – Донецьк : ДонНТУ, 2013. – Вып. 1, 2 (45). – С. 35–41.
 11. *Ардамацкий А.Л.* Ельборовая обработка оптических деталей / *А.Л. Ардамацкий.* – Л. : Машиностроение, 1989. – 287 с.
 12. *Бакуль В.Н.* Справочник по ельборовой обработке металлорежущего инструмента / *В.Н. Бакуль, Н.П. Захаренко.* – К. : Техника, 1971. – 312 с.
 13. *Байкалов А.К.* Введение в теорию шлифования / *А.К. Байкалов.* – К. : Наукова думка, 1978. – 207 с.
 14. *Гавриш А.П.* Фінішна ельборова-абразивна обробка магнітних матеріалів : монографія / *А.П. Гавриш, П.П. Мельничук.* – Житомир : Вид-во ЖДТУ, 2004. – 551 с.
 15. *Грабченко А.И.* Расширение технологических возможностей ельборового шлифования / *А.И. Грабченко.* – Харьков : Вища школа, 1985. – 298 с.
 16. *Захаренко Н.П.* Ельборовые инструменты и процессы обработки / *Н.П. Захаренко.* – К., 1980. – 216 с.
 17. *Маслов Е.Н.* Теория шлифования материалов / *Е.Н. Маслов.* – М. : Машиностроение, 1974. – 320 с.

18. *Маталин А.А.* Технологические методы повышения долговечности деталей машин / *А.А. Маталин*. – К. : Техника, 1971. – 144 с.
19. *Резников А.Н.* Краткий справочник по ельборовой обработке / *А.Н. Резников*. – Куйбышев : Машиностроение, 1987. – 312 с.
20. *Чеповецкий И.Х.* Основы финишной ельборовой обработки / *И.Х. Чеповецкий*. – К. : Наукова думка, 1980. – 312 с.
21. *Яцерицын П.И.* Прогрессивная технология финишной обработки деталей / *П.И. Яцерицын*. – Минск : Беларусь, 1989. – 312 с.

ГАВРИШ Анатолій Павлович – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- теорія процесів шліфування;
- фінішні методи оброблення матеріалів зі спеціальними властивостями.

РОЇК Тетяна Анатоліївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри репрографії Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- синтез нових композиційних матеріалів;
- технологія виробництва матеріалів.

КИРИЧОК Петро Олексійович – доктор технічних наук, професор, директор Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- технологія поліграфічного машинобудування;
- поверхнева оздоблювально-зміцнююча обробка деталей.

ГАВРИШ Олег Анатолійович – доктор технічних наук, професор, декан факультету менеджменту та маркетингу Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- інноваційні технології машинобудування;
- фінішні методи прецизійної обробки поверхонь деталей.

ВІЦЮК Юлія Юліївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший викладач кафедри репрографії Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- синтез нових композиційних матеріалів;
- фізико-механічні властивості композитів.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2013

Гавриш А.П., Роїк Т.А., Киричок П.О., Гавриш О.А., Віцюк Ю.Ю. Влияние состава инструмента и режимов тонкого эльборового шлифования на шерсткость поверхностей композитных подшипников ковзання поліграфічних машин

Гавриш А.П., Роик Т.А., Киричок П.А., Гавриш О.А., Вицюк Ю.Ю. Влияние состава инструмента и режимов тонкого эльборового шлифования на шероховатость поверхностей композитных подшипников скольжения полиграфических машин

Gavrish A.P., Roik T.A., Kirichok P.A., Gavrish O.A., Vitsyuk Y.Y. The influence of the tool and cutting of thin elbow grinding on the surface roughness of composite bearings printing machines

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.3

Влияние состава инструмента и режимов тонкого эльборового шлифования на шероховатость поверхностей композитных подшипников скольжения полиграфических машин / А.П. Гавриш, Т.А. Роик, П.А. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Вицюк

Приведены результаты экспериментального исследования тонкой эльборового шлифования высоколегированных композитных сплавов синтезированных из отходов инструментального производства для обработки поверхностей подшипников скольжения полиграфических машин. Показаны преимущества обработки эльборовыми кругами. Разработаны рекомендации по выбору режимов резания для тонкого эльборового шлифования подшипников скольжения из новых композитных сплавов для высокоскоростных ротационных полиграфических машин, которые обеспечивают требования получения соответствующих параметров шероховатости поверхностей.

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.3

The influence of the tool and cutting of thin elbow grinding on the surface roughness of composite bearings printing machines / A.P. Gavrish, T.A. Roik, P.A. Kirichok, O.A. Gavrish, Y.Y. Vitsyuk

The results of experimental studies of the fine grinding of high-alloy composite alloys synthesized from waste production tool for surface bearings printing machines. The advantages of the process elbow circles. The recommendations on the choice of cutting conditions for a thin elbow grinding bearings of the new composite alloys for high-speed rotary printing machines, which provide the requirement to obtain the corresponding parameters of the surface roughness.