

УДК 621.002.3: 621.89

Гавриш А.П., д.т.н., проф., Роїк Т.А., д.т.н., проф., Віцюк Ю.Ю., к.т.н., ст. викл.,
Олійник В. Г., Дорфман І.Є.

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут»

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ТОНКОГО АБРАЗИВНОГО ШЛІФУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ З НОВИХ КОМПЗИТИВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

В статті наведені результати експериментального дослідження впливу складу інструменту та режимів тонкого алмазного шліфування на шорсткість поверхонь нових композитних деталей тертя поліграфічних машин. Виявлені основні закономірності формування шорсткості поверхонь оброблення та їх залежність від режимів різання. Визначено, що зернистість, матеріал зв'язки алмазного круга суттєво впливають на параметр шорсткості поверхонь R_a . Виявлено, що найвищі показники параметру шорсткості забезпечуються при застосуванні шліфувальних кругів карбіду кремнію чорного (53С) зернистістю 14 – 28 мкм на гліфталевій зв'язці. Показано, що основні закономірності тонкого прецизійного шліфування нових композитних матеріалів співпадають при плоскому, круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуванні. Наведено технологічні режими для плоского, круглого, зовнішнього та внутрішнього абразивного шліфування деталей тертя з нових композиційних матеріалів. Розроблені технологічні рекомендації для промисловості з вибору шліфувальних інструментів і режимів різання, які забезпечують високі вимоги якості поверхонь оброблення нових композитних алюмінієвих деталей поліграфічних машин на основі відходів алюмінієвих сплавів.

Тонке абразивне шліфування, алюмінієві композитні деталі, абразивні інструменти, шорсткість поверхні, режими шліфування, поліграфічні машини.

Постановка проблеми

Створення нових високопродуктивних машин для різних галузей народногосподарського комплексу України щільно пов'язане з синтезом нових композиційних сплавів, які створюються для забезпечення безперервно зростаючих вимог до якості деталей, механізмів та в цілому обладнання. З цієї точки зору доцільно звернути увагу на створення за останні роки широкої гама композиційних сплавів на основі нікелю, міді відходів штампових та інструментальних сталей [1,2]

Слід зауважити, що найбільш ефективно ці матеріали працюють при жорстких умовах експлуатації, коли температурне середовище забезпечує рівень нагрівання поверхонь деталей тертя у межах 350 – 800 °С і питомих тисках 2 – 8 МПа .

Для роботи в зоні дії відносно невеликих температур (~ 100 – 120 °С) раціонально застосовувати нові композиційні сплави, що створені на основі використання силумінових шліфувальних відходів, зокрема авіаційного машинобудування в яких присутні цінні легуючі елементи, і які є дешевою та вельми корисною сировиною для виготовлення конструкційних деталей [3 - 6].

В результаті всебічних досліджень [1] було розроблено технологію синтезу заготовок деталей тертя для поліграфічного обладнання зі шламових відходів силумінів, де одним з найважливіших параметрів є забезпечення вимог надійності, а саме – зносостійкості, довговічності та ремонтоздатності. У процесі виготовлення матеріалів була сформована складна гетерофазна металографічна структура композитних сплавів, насамперед, на основі відходів сплаву АК12М2МгН, яка складається з високолегованого α -твердого розчину на основі алюмінію при наявності евтектики, що утворюється завдяки присутності кремнію (у межах до 11,6 %) і залягає за стільниковим рисунком зерен твердого розчину [1]. При цьому велика кількість легуючих елементів у матеріалі спричинює утворення в його структурі чималої частки дрібнодисперсних фаз – інтерметалідів. Усе це забезпечує отримання високих фізико-механічних та антифрикційних властивостей матеріалів (табл. 1).

Як відомо параметри зносостійкості деталей тертя у машинах і механізмах визначаються не тільки функціональними можливостями матеріалів, з яких ці деталі виготовлено, але і параметрами якості їх поверхонь, що сформовані внаслідок механічного оброблення [7 – 10].

Фізико-механічні та антифрикційні властивості композиційних сплавів на основі алюмінію

Матеріал	Тимчасовий опір розриву, МПа	Твердість, НВ	Уд. в'язкість, кДж/м ²	Коеф. тертя	Інтенсивність зношування зразка, мкм/км	Інтенсивність зношування контргіла, мкм/км
Композит АК12М2МгН [4]	180 - 185	85 - 100	0,18 – 0,30	0,0080	3,9	Сліди
Композит АК12ММгН [3]	170 - 180	85 – 95	0,20 – 0,32	0,0085	4,0	
Композит АМ4,5Кд [5]	180 - 185	90 - 105	0,20 – 0,33	0,0085	4,1	
Композит АК8М3ч [6]	180 - 190	92 - 100	0,022 – 0,35	0,0087	4,0	
Литий сплав АК12М2МгН	186	90	0,30 – 0,40	0,0250	6,0	2,5

З цієї точки зору деталі з композитів на основі відходів штампових та інструментальних сталей рекомендовано оброблювати методами тонкого абразивного шліфування з застосування інструментів з карбіду кремнію зеленого (63С) на еластичній гліфталевій зв'язці (Гл) [7, 11-14].

На жаль, на сьогоднішній день розгалужених досліджень тонкого абразивного шліфування деталей з композитних сплавів на основі алюмінію не існує. Це створює умови для розробки і впровадження у виробництво різних по своєму технічному рівню (і далеко не завжди оптимальних) технологічних процесів, які базуються на досвіді технологів-практиків різних виробничих підприємств і які, найчастіше, створені для забезпечення конкретних потреб діючого виробництва без гарантій досягнення найкращих показників якості виготовлення деталей і відповідних умов їх надійності та зносостійкості.

Отже, дослідження технологічних процесів тонкого абразивного шліфування композитів на основі алюмінію є важливою задачею, яка має незаперечне наукове і практичне значення. Це ілюструє актуальність обраної теми досліджень.

Постановка задачі

Метою даної роботи було дослідження параметрів шорсткості поверхонь оброблення деталей тертя друкарських машин та вивчення впливу на них складу шліфувального інструменту та режимів різання при тонкому плоскому, зовнішньому круглому та внутрішньому круглому шліфуванні.

Матеріали та результати досліджень

Експериментальні дослідження з означеної науково-технічної задачі виконувались на прикладі тонкого шліфування підшипників ковзання згідно з методикою, наведеною у роботах [1–7, 11–14]. Їх результати наведені у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 показує, що параметр шорсткості R_a змінюється зі зміною режимних факторів оброблення – глибини шліфування, поперечної та поздовжньої подач.

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, $S_{\text{пов.}}$), показала, що досліджені сукупності суттєво різні.

Аналогічні результати отримані при порівнянні будь-яких вибірок для подач 0,1 – 1,0 мм/подв. хід та швидкостей 2 – 10 м/хв. До речі, 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 : $R_a = f(t)$, $S_{\text{пов.}} = \text{const}$, $V_b = \text{const}$.

Параметр шорсткості R_a при тонкому плоскому шліфування підшипникового композитного сплаву на основі АК12М2МгН [4]

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	0,300	0,450	0,510
	5	0,353	0,500	0,570
	10	0,370	0,570	0,610
0,2	2	0,400	0,650	0,710
	5	0,430	0,720	0,790
	10	0,440	0,810	0,830
0,5	2	0,550	0,930	0,950
	5	0,600	1,010	0,990
	10	0,710	1,120	1,150
1,0	2	0,895	1,180	1,210
	5	1,040	1,250	1,350
	10	1,140	1,310	1,400

Примітки: Верстат – FF-350 “Abawerk” (ФРН), абразив – 53СМ14СМ25 на гліфталевій зв’язці, швидкість кругу – 22 м/с, обробка без охолодження.

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 $R_a - t$; $R_a - S_{\text{поп}}$; $R_a - V_B$; $S_{\text{поп}} - V_B$; $S_{\text{поп}} - t$; $t - V_B$.

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 $S_{\text{поп}} - t$, $t - V_B$, $S_{\text{поп}} - V_B$ 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 фактору (для якого визначено r_k), на R_a впливають й інші фактори. Значення коефіцієнтів кореляції вказує на ступінь впливу на шорсткість поверхні досліджуваних факторів.

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

Рівняння множинної кореляції для досліджуваних факторів має вигляд:

$$Ra = 0,271Sp + 5,3t + 0,0061V_B - 0,0510 \quad (1)$$

Аналіз формули (1) показує, що на параметр шорсткості R_a чинять найбільший вплив глибина шліфування t та поперечна подача $S_{\text{поп}}$, а найменший – швидкість виробу V_B .

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

I – а група:

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

II – а група:

- поперечна подача $S_{\text{поп}} = 0,5 - 1,0$ 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 – а група:

$$R_a = 0,2715S_n + 5,2t + 0,0062V_b - 0,0505 \quad (2)$$

II – а група:

$$R_a = 0,2723S_n + 5,2t + 0,0059V_b - 0,05315 \quad (3)$$

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

Слід зазначити, що отримані висновки підтверджуються також при тонкому абразивному шліфуванні кругами зернистістю M50, M28, M14, M7. Відповідні експериментальні дані наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Вплив матеріалу зерна інструменту на параметр шорсткості поверхні R_a при тонкому плоскому абразивному шліфувальні заготовок композитних підшипників на основі алюмінію

Характеристика шліфувального інструменту	Тип абразиву	Матеріал зразків		
		AK12M2MГН [4]	AK12MMГН [3]	AK8M3ч [6]
		R_a , мкм		
53C5Гл	Карбід кремнію чорний	0,300	0,320	0,330
63C5Гл	Карбід кремнію зелений	0,350	0,370	0,375
23A5Гл	Електрокорунд білий	0,410	0,420	0,425
37A5Гл	Електрокорунд титановий	0,390	0,410	0,415
44A5Гл	Монокорунд	0,400	0,425	0,430
53CM28Гл	Карбід кремнію чорний	0,200	0,210	0,215
63CM28Гл	Карбід кремнію зелений	0,230	0,235	0,240
23AM28Гл	Електрокорунд білий	0,250	0,260	0,265
53CM14Гл	Карбід кремнію чорний	0,180	0,185	0,190
63CM14Гл	Карбід кремнію зелений	0,200	0,215	0,220
23ACM14Гл	Електрокорунд білий	0,220	0,230	0,235
44ACM14Гл	Монокорунд	0,210	0,220	0,228
53CM7Гл	Карбід кремнію чорний	0,170	0,180	0,186
63CM7Гл	Карбід кремнію зелений	0,180	0,190	0,197
23AM7Гл	Електрокорунд білий	0,190	0,200	0,205

Примітки: Верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 25 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 табл. 3 дозволяє зробити важливі висновки з приведених досліджень. Перш за все, необхідно зазначити, що для всієї гами досліджуваних композитних матеріалів на основі алюмінію найменша шорсткість поверхонь оброблення отримана при тонкому шліфуванні деталей інструментами на основі карбіду кремнію чорного (53С). Це підтверджується для широкого діапазону зернистостей абразивів від 50 мкм до 7 мкм. І хоча зерна шліфувальних кругів з карбіду кремнію зеленого (63С) мають найгострішу форму (табл. 4), застосування абразивів з карбіду кремнію чорного (53С) забезпечує отримання параметрів шорсткості поверхні обробки підшипника ковзання R_a на 10 – 15% менші, ніж при застосуванні зерен з карбіду кремнію зеленого і на 50 – 70% менше, ніж при використанні шліфувальних кругів з електрокорунду білого (23А), електрокорунду титанового (37А) та монокорунду (44 А). Зазначене може бути пояснено тим, що карбід кремнію чорний (53С) є більш крихкішим матеріалом у порівнянні з карбідом кремнію зеленим (63С) і тому його переваги найбільш суттєво проявляються при тонкому шліфуванні матеріалів з низькою межею міцності та в'язких металів і сплавів (алюміній, мідь, латунь). Крім того, зерна карбіду кремнію чорного мають найменшу здатність до адгезійного схоплювання з надтонкими стружками алюмінієвих сплавів, які схильні до активного окиснення в агресивному середовищі (кисень, повітря) безпосередньо при зрізанні стружки ріжучим зерном абразиву [15, 16]. Корисно підкреслити, що зерна карбіду кремнію чорного (53С) значно дешевші, ніж абразиви з карбіду кремнію зеленого. Це також є важливим фактором технологічного процесу тому, що забезпечує отримання мінімальної собівартості операції шліфування композитного сплаву.

Таблиця 4

Середні значення геометрії кута ріжучих зерен у різних абразивних матеріалах

Абразивний матеріал	Зернистість, Мкм	Геометрія вершини зерна	
		Радіус заокруглення ρ , мкм	Кут при вершині, град
Карбід кремнію зелений (63С)	100	7,5	95,1
	50	5,2	94,2
	28	2,3	92,2
	14	2,0	90,6
Карбід кремнію чорний (53С)	100	7,9	95,5
	50	5,5	94,9
	28	2,5	92,6
	14	2,2	91,3
Електрокорунд білий (23А)	50	8,5	95,8
	28	2,7	95,1
	14	2,4	92,5
Монокорунд (44А)	50	9,0	96,4
	28	3,1	95,7
	14	2,5	93,2

Важливою складовою проектування технологічних процесів абразивного оброблення є вибір зернистості шліфувального інструменту. Цей фактор суттєво впливає на досягнення необхідних значень параметрів шорсткості поверхні R_a . Результати досліджень у новому напрямку наведені у табл. 5.

Експериментальні дані табл. 5 показують, що найменшу шорсткість при обробці композиту на основі алюмінію у досліджуваному діапазоні (7 – 100 мкм) забезпечують шліфувальні круги зернистістю 7 – 10 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 для інструментів з карбіду кремнію зеленого пояснюється тим, що зерна карбіду кремнію мають найгострішу форму (мінімальний кут загострення при вершині зерна) та найменший (у порівнянні з електрокорундовими та монокорундовими зернами) радіус округлення одиночного зерна (табл. 4).

Таблиця 5

Вплив зернистості шліфувальних інструментів на шорсткість поверхонь оброблення R_a при тонкому плоскому шліфуванні заготовок композитних підшипників на основі алюмінію

Характеристика шліфувального кругу	Матеріал зразків		
	AK12M2MгH	AK12MMгH	AK8M3ч
	Параметр шорсткості R_a , мкм		
53C5 Гл	0,300	0,320	0,330
63C5 Гл	0,350	0,370	0,375
53CM28Гл	0,200	0,210	0,215
63CM28Гл	0,230	0,235	0,240
53CM14Гл	0,180	0,185	0,190
63CM14Гл	0,200	0,215	0,220
53CM10Гл	0,190	0,193	0,200
63CM10Гл	0,195	0,197	0,207
53CM7Гл	0,170	0,180	0,186
63CM7Гл	0,180	0,190	0,197

Примітки: Верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими різання: швидкість кругу – 25 м/с; поздовжня подача (швидкість виробу) – 2 м/хв; поперечна подача – 0,1 мм/подв. хід; глибина різання – 0,002 мм; шліфування – без охолодження.

В результаті математичної обробки експериментальних даних було отримано кореляційне рівняння зв'язку параметру шорсткості R_a з зернистістю A абразивного інструменту з карбиду кремнію зеленого (63С), що має вигляд:

$$R_a = 0,0081S_n - 0,0093 \quad (4)$$

Таким чином, знаючи зернистість шліфувального кругу A можна розрахувати параметр шорсткості R_a і впевнитись у тому, що вибраний 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 і те, як впливає склад зв'язки абразивного кругу на параметр шорсткості поверхні R_a , результати дослідження якого наведені у табл.5.

Слід зауважити, що основні експерименти проводились на зразках композитів на основі алюмінію AK12M2MгH і дещо обмежена кількість дослідів виконувалась на зразках композитів інших марок, зокрема AK12MMгH та AK8M3ч (для встановлення загальних закономірностей).

Вирішення питань, пов'язаних з досягненням певних умов за параметром шорсткості R_a поверхонь деталей тертя друкарських машин та забезпечення вимог досягнення відповідних характеристик зносостійкості вузлів і механізмів, у значному ступені залежить від технічного рівня технологічних процесів тонкого абразивного оброблення деталей з новітніх композитних сплавів на основі алюмінію. Це перш за все, стосується вибору для тонкого шліфування раціонального типу зв'язки абразивного інструменту. Відомо, що шорсткість поверхонь шліфування суттєво залежить не тільки від зернового складу абразиву, а і від зв'язки шліфувального кругу, що до певного ступеню є одним із вирішальних факторів процесу тонкого абразивного шліфування композитних матеріалів [7 – 14].

У зв'язку з тим, що технологічні процеси тонкого шліфування поверхонь деталей тертя з композитних сплавів на основі алюмінію [1 – 6] до сьогодні вивчені недостатньо, дослідження впливу зв'язки абразивного інструменту на параметри шорсткості R_a є значущим питанням. Воно має як наукове так і практичне значення для промислової практики і, в першу чергу, для технологів-виробників, що проектують нові технологічні процеси і створюють нові технологічні комплекси машин та механізмів.

У таблиці 6 наведено основні результати досліджень цього питання для випадку тонкого абразивного шліфування нових композитних сплавів на основі алюмінію. Для експериментального вивчення були використані шліфувальні круги на еластичній гліфталевій (Гл) та жорсткій керамічній (К) зв'язках, що набули найбільшого поширення у виробничій практиці.

Аналізуючи дані табл. 6, необхідно зазначити, що найкращі значення параметрів шорсткості R_a поверхонь оброблення деталей з нових композитних сплавів на основі алюмінію забезпечують абразивні круги на гліфталевій зв'язці (Гл). Це може бути пояснено її більш еластичною здатністю і, таким чином, при шліфуванні (під час врізання абразивного зерна у метал) під дією складових сил різання кожне зерно начебто демпфується в напрямку пружньо-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 абразивного шліфування.

Таблиця 6

Вплив матеріалу зв'язки абразиву на параметр шорсткості обробленої поверхні R_a зразків з композитів АК12М2МгН на основі алюмінію

Характеристика абразивного інструменту	Матеріал зв'язки круга	Параметр шорсткості R_a , мкм
53С10Гл	Гліфталева	0,800
53С10К	Керамічна	0,910
63С10Гл	Гліфталева	0,830
53С5Гл	Гліфталева	0,300
53СМ28Гл	Гліфталева	0,200
53 СМ28К	Керамічна	0,270
53 СМ14Гл	Гліфталева	0,180
53 СМ14К	Керамічна	0,200
63СМ14ГЛ	Гліфталева	0,225

Примітки: Верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими різання: швидкість круга – 25 м/с; поздовжня подача (швидкість виробу) – 2 м/хв; поперечна подача – 0,1 мм/подв.хід; глибина різання – 0,002 мм; шліфування – без охолодження.

Слід зауважити, що ці висновки зроблені на підставі аналізу фактичних даних, отриманих під час експериментального дослідження із застосуванням широкої гами зв'язок (гліфталева, керамічна) та зернистостей шліфувального круга (100, 50, 28 та 14 мкм).

Зазначено також, що ці висновки підтверджуються і для інших марок абразивних зерен, зокрема, карбиду кремнію зеленого (63С).

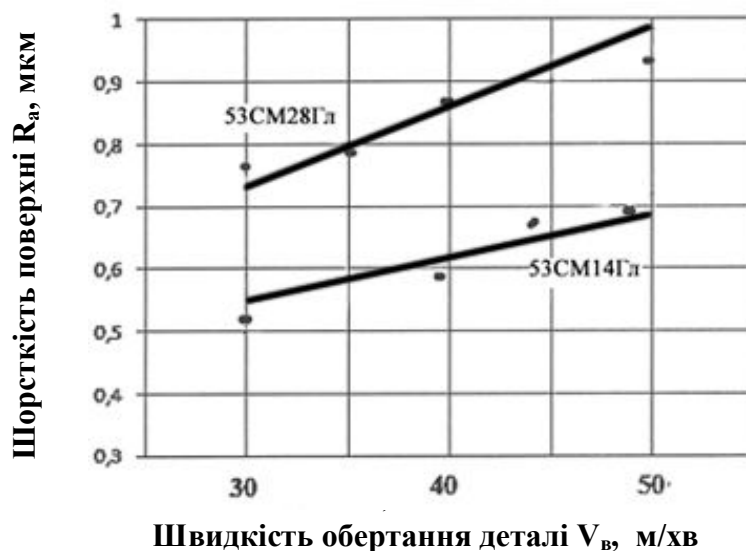
Приймаючи до уваги те, що фізичні явища у процесі різання металів принципово подібні для плоского, зовнішнього круглого та внутрішнього шліфування, експериментальне дослідження процесів зовнішнього круглого і внутрішнього абразивного шліфування композитних зносостійких сплавів на основі алюмінію виконувалось з урахуванням вищенаведених результатів. Зокрема, для дослідів використовувались інструменти з карбиду кремнію чорного (53С) зернистістю 14 – 28 мкм, які сформовані у шліфувальні круги гліфталевою зв'язкою (Гл).

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

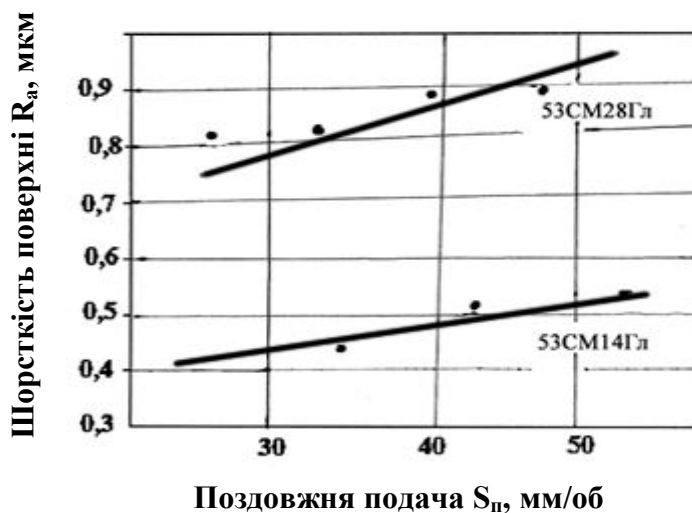
Основні результати досліджень наведені на рис. 1, 2.

Аналіз експериментів (рис.1) показує, що на шорсткість поверхонь деталей з нових композитних матеріалів на основі алюмінію при тонкому зовнішньому круглому шліфуванні (як і при плоскому абразивному 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 алмазного інструменту.

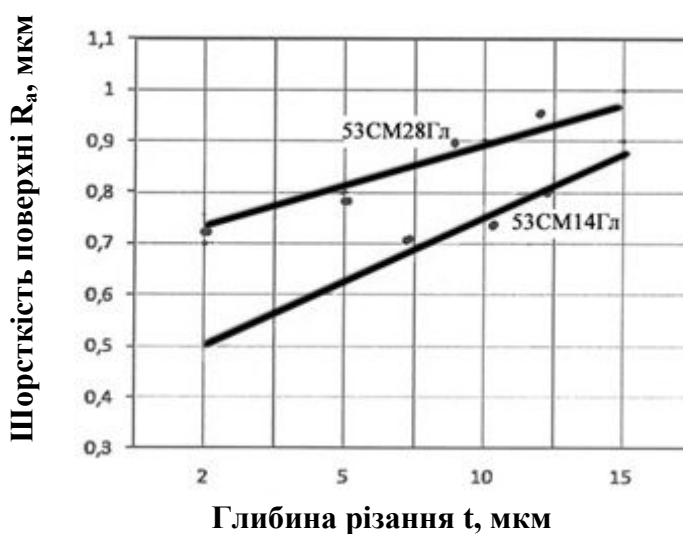
Аналогічно з плоским шліфуванням найкращу якість оброблених зовнішніх поверхонь композитних циліндричних деталей (за параметром шорсткості R_a) тонким абразивним круглим зовнішнім шліфуванням забезпечує застосування інструментів на основі карбиду кремнію чорного (53С) на гліфталевій зв'язці (Гл), зернистістю 14 – 28 мкм (М14 – М28) та застосування тонких режимів шліфування ($V_b \rightarrow \min$; $S_n \rightarrow \min$; $t \rightarrow \min$).



а)



б)



в)

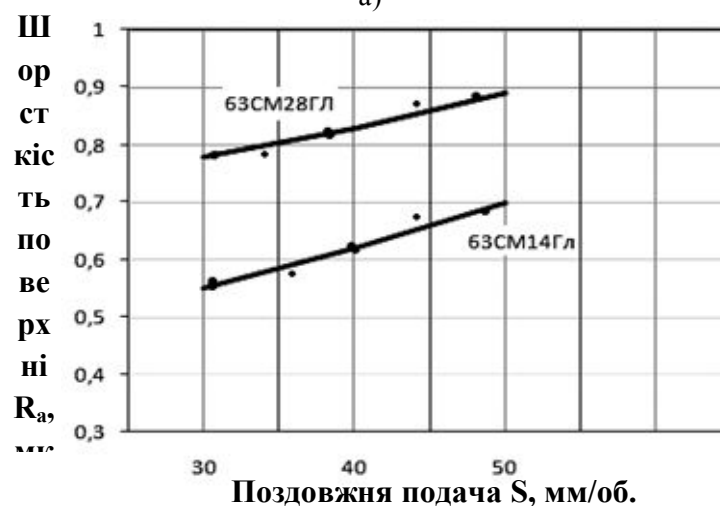
Рис. 1. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a від режимів тонкого абразивного шліфування V_b , S_p , t при зовнішньому круглому шліфуванні (швидкість кругу – $V_{кр} = 35$ м/с): а) $S = 5$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_b = 30$ м/хв.; $t = 2$ мкм; в) $V_b = 30$ м/хв.; $S_p = 5$ м/об.

Схожі результати отримані при тонкому круглому внутрішньому абразивному шліфуванні робочих поверхонь деталей тертя з нових композитних сплавів на основі шліфувальних відходів силумінів.

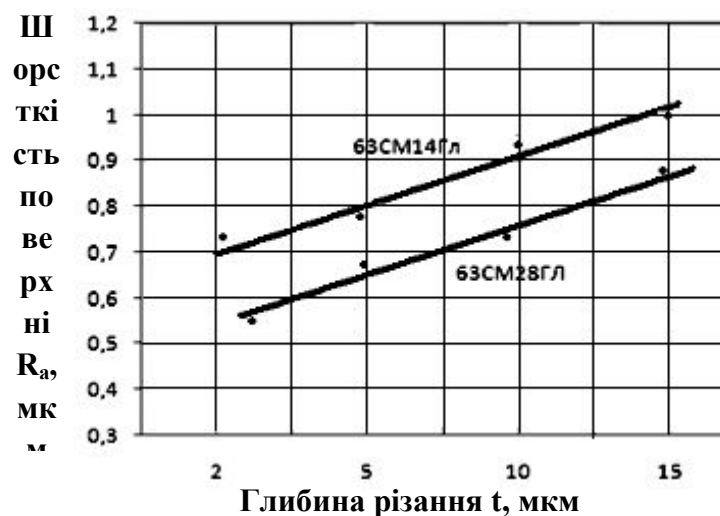
Результати експериментів наведені на графіках (рис. 2).



а)



б)



в)

Рис. 2. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a від режимів тонкого абразивного шліфування V_b , S , t при тонкому круглому внутрішньому шліфуванні (швидкість круга – $V_{кр.} = 30$ м/с): а) $S_{II} = 30$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_b = 45$ м/хв.; $t = 2$ мкм; в) $V_b = 50$ м/хв.; $S_{II} = 30$ мм/об.

Аналіз рис. 2 показує, що при застосуванні для прецизійного внутрішнього абразивного шліфування деталей з нових композиційних сплавів на основі алюмінію з використанням для оброблення абразивних кругів на основі карбіду кремнію чорного (53С) зернистістю 14-28 мкм на гліфталевій зв'язці, на параметр шорсткості поверхні оброблення R_a найбільше впливають глибина різання t , поздовжня подача S_n та швидкість обертання деталі V_b . Найкращі результати за параметром якості R_a (тобто отримання мінімальної шорсткості поверхні) забезпечують тонкі режими абразивного шліфування, а саме, мінімальні можливі (з точки зору технічних можливостей верстата) режими різання – глибина шліфування, поздовжня подача та швидкість обертання деталі.

Висновки

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

1. Вперше досліджено процеси абразивного оброблення нових композиційних сплавів на основі алюмінію типу АК12М2МгН, АК12ММгН, АК8МЗч та АМ4,5Кд, що відкриває можливості одержання високоякісних деталей тертя з нових композитів для поліграфічних машин.

2. Показано, що основні закономірності тонкого прецизійного абразивного шліфування нових композиційних сплавів співпадають при плоскому, круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуванні.

3. Доведено, що на параметр якості поверхні оброблення R_a суттєво впливають тип зерна абразиву, зернистість, матеріал зв'язки абразивного круга та режими шліфування.

4. Найкращі показники параметру R_a , які задовольняють високі вимоги до поверхонь тертя деталей поліграфічних машин на основі відходів силуміну, забезпечують шліфувальні круги з карбіду кремнію чорного (53С) зернистістю 14 – 28 мкм на гліфталевій зв'язці та тонкі режими різання, а саме:

- для плоского шліфування: швидкість круга – 25 м/с, поздовжня подача – 2 м/хв., поперечна подача – 0,1 мм/подв.хід; глибина різання – 2 мкм;

- для зовнішнього круглого абразивного шліфування: швидкість абразивного круга – 25 м/с, швидкість виробу (деталі) – 30 м/хв., поздовжня подача – 30 мм/об., глибина різання – 2 мкм;

- для круглого внутрішнього абразивного шліфування: швидкість круга – 30 м/с, швидкість виробу – 45 м/хв., поздовжня подача – 30 мм/об., глибина різання – 2 мкм.

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

1. Роїк Т. А., Киричок П. О., Гавриш А. П. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації: монографія. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 404 с.

2. Косторнов А. Г. Триботехническое материаловедение: Монографія. – Луганск: Изд. «Ноули». – 2012. – 701 с.

3. Пат. 34407 Україна, МКИ С 22С 21/02 Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. Н. Гавриш, В. В. Холявко, О. М. Прохоренко. - № 200803173; Заявл. 12.03.2008; Опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – 3 с.

4. Патент України № 60174 А, МКУС22С 21/02. Порошковий антифрикційний матеріал на основі алюмінію / Комнацький О. Л., Роїк Т. А., опубл. 15.09.2003, Бюл. №9.

5. Патент України № 34407, МПК (2006), С22С21/02. Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію / Т.А.Роїк, А.П.Гавриш, О.А. Гавриш, В.В.Холявко, О.М. Прохоренко опубл. 11.08.08, Бюл. №15.

6. Патент України №26862, С22С21/ 02. Антифрикційний матеріал на основі алюмінію/ Роїк Т.А., Гавриш А.П., Киричок П.О., Гавриш О.А., опубл. 10.10.07, Бюл. №16.

7. Киричок П.О., Роїк Т.А., Гавриш А.П., Шевчук А. В., Лотоцька О. І. Технологія поліграфічного машинобудування: Учебний посібник. – К.: вид. НТУУ «КПІ», 2014. □ 502 с.

8. Маталин А. А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. К.: Техника, 1971. – 144 с.
9. Маталин А. А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства машин. – Л.: Машгиз, 1976. – 384 с.
10. Костецкий Б. И. Надежность и долговечность машин / Б. И. Костецкий, А. К. Носовский, Л. Ш. Бершадский, А. К. Караулов. К.: Техніка, 1975. – 408 с.
11. Гавриш А.П., Шевчук А.В., Роїк Т.А., Ковальов В.А., Віцюк Ю.Ю., Вплив абразивного інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні // Технологія і техніка друкарства. – №3 (37). – 2012. – С. 119-127.
12. Гавриш А.П., Киричок П.О., Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю. Силовое поле при тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів для друкарської техніки // Междунар. сб.науч.трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». – Донецк: ДонНТУ, 2013. – Вып. 1,2 (45). – С.35-41.
13. Гавриш А.П., Киричок П. О., Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю. Дослідження температур при тонкому абразивному шліфуванні деталей з композитів на основі відходів інструментальних сталей // Вісник Тернопільського технічного університету. – №1 (69), 2013. – С. 125-130.
14. Гавриш А.П., Киричок П.О., Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю. Аналіз параметрів якості поверхонь підшипників ковзання з композиційних сплавів для друкарських машин при абразивному шліфуванні // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – №1. – С. 63-67.
15. Лавриненко В. І., Новіков М. В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці : Енциклопедичний довідник під заг. ред. акад. НАНУ М. В. Новікова. К.: вид. ІВЦ «Алкон», 2013. – 482 с.
16. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Доброскок В. Л., Залога В. О., Новосолов Ю. К., Якубов Ф. Я. Основи теорії різання матеріалів: Підручник / Під заг. ред. М. П. Мазура. – Львів.: Новий світ, 2010. – 423 с.