

УДК 621.923.6

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцюк

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут»

ТОНКЕ АЛМАЗНЕ ШЛІФУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

Метою роботи є експериментальне дослідження процесів тонкого алмазного шліфування деталей тертя з нових композиційних матеріалів на основі відходів алюмінієвих сплавів для поліграфічних машин. Вперше показано, що основні закономірності тонкого прецизійного алмазного шліфування нових композиційних матеріалів на основі відходів алюмінієвих сплавів співпадають при плоскому, круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуванні. Доведено, що на параметр якості поверхні оброблення R_a суттєво впливають зернистість, матеріал зв'язки алмазного круга та режими тонкого алмазного шліфування. Найкращі показники параметру R_a , які задовольняють високі вимоги до робочих поверхонь деталей тертя, забезпечують шліфувальні круги з синтетичного алмазу АС зернистістю 14 – 28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці та тонкі режими різання. Показано переваги обробки поверхонь алмазними кругами. Розроблено рекомендації з вибору режимів різання для тонкого алмазного шліфування деталей тертя різного технологічного призначення, що виготовляються з композиційних сплавів на основі відходів алюмінію, і які забезпечують вимоги отримання необхідних параметрів шорсткості поверхні.

Ключові слова: нові композитні матеріали, відходи алюмінієвих сплавів, інструмент, деталі тертя, шорсткість поверхні, тонке алмазне шліфування.

Рис. 2. Табл. 5. Форм. 4. Літ. 21.

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцюк

ТОНКОЕ АЛМАЗНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИН

Целью работы является экспериментальное исследование процессов тонкого алмазного шлифования деталей трения из новых композиционных материалов на основе отходов алюминиевых сплавов для полиграфической техники. Впервые показано, что основные закономерности тонкого прецизионного алмазного шлифования новых композиционных материалов на основе отходов алюминиевых сплавов совпадают при плоском, круглом внешнем и внутреннем шлифовании. Доказано, что на параметр качества поверхности обработки R_a существенно влияют зернистость, материал связки алмазного круга и режимы тонкого алмазного шлифования. Наилучшие показатели параметра R_a , которые удовлетворяют высокие требования к рабочим поверхностям деталей трения, обеспечивают шлифовальные круги из синтетического алмаза АС зернистостью 14–28 мкм на бакелитно-резиновой связке и тонкие режимы резания. Показаны преимущества обработки поверхностей алмазными кругами. Разработаны рекомендации по выбору режимов резания для тонкого алмазного шлифования деталей трения различного технологического назначения, которые изготавливаются из композиционных сплавов на основе отходов алюминия и обеспечивают требования получения необходимых параметров шероховатости поверхности.

Ключевые слова: новые композитные материалы, отходы алюминиевых сплавов, инструмент, детали трения, шероховатость поверхности, тонкое алмазное шлифование.

A.P. Gavrish, T.A. Roik, Yu. Yu. Vitsiuk

FINE DIAMOND GRINDING OF FRICTION PARTS BASED ON ALUMINIUM COMPOSITES FOR PRINTING MACHINES

The purpose of work is the experimental researches of fine diamond grinding of friction parts from new composite materials based on aluminium alloys wastes for printing equipment. For the first time it was shown the main regularities of fine precision diamond grinding of new composite materials based on aluminium alloys wastes agree with plain, round external and internal grinding. It was demonstrated the tool granularity, diamond disc's material of bond and fine diamond grinding parameters essentially influence for surface's parameter R_a . Grinding discs from synthetic diamond AC with granularity 14–28 μm on bakelite-gum bond and fine parameters of cutting ensure the best value of parameters R_a , which satisfy the high requirements for friction parts surface quality. It was shown the advantages of surfaces' treatment by diamond discs. It was developed the recommendations for choice of cutting parameters for diamond grinding of parts for different purposes that are manufactured from composite alloys based on aluminium alloys wastes and which ensure the requirements for necessary parameters of surface roughness.

Keywords: new composite materials, aluminium alloys wastes, tool, friction parts, surface' roughness, fine diamond grinding.

Постановка проблеми. У конструкціях новітнього обладнання поліграфічної галузі набули широкого розповсюдження зносостійкі композиційні матеріали, які одержані з цінної та дешевої сировини – промислових шліфувальних відходів кольорових металів, насамперед, алюмінієвих сплавів та які, на жаль, навіть на сьогодні, здебільше вивозяться у відвали і не використовуються у повторному циклі виробництва.

На основі розгалужених науково-дослідних робіт з регенерації та повторного використання у виробничому циклі цих сировинних ресурсів [1, 2] в останні роки були створені оригінальні високозносостійкі композиційні сплави на основі алюмінію АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АК8М3ч та АК12ММгН + (9 – 12 %) МоS₂ [3-6]. Вони пройшли всебічну перевірку в умовах дії агресивного оточуючого середовища (кисень, повітря, виробничий пил з абразивною властивістю, температурні навантаження при експлуатації у межах 100 – 170 °С, питомі навантаження до 7 МПа) і широко застосовуються для виготовлення деталей тертя (скоби, направляючі, затли та інші) у ножових різальних машинах поліграфії типу WOHLENBERG Trim-tec 560, у висікальному обладнанні паперу та картону типів DROSSERTST-6, BOBSTMISTRAL 110 A2, машин легкої промисловості (автооператорів панчочов'язальних машин типу PALERMO – 105SR, укладачів швидкісних ткацьких верстатів SPRINT – 1205PI) та машин харчової промисловості (лоткові системи, маніпулятори і затискувачів).

Зносостійкий матеріал на основі алюмінієвого сплаву АК12ММгН з домішками твердого мастила (дисульфід молібдену МоS₂) набув визнання у конструкторів і наразі широко використовується у вузлах тертя машин і механізмів, що працюють при підвищених навантаженнях і температурах без змащування рідким мастилом.

Відомо [7-9], що зносостійкість деталей, як один із головних параметрів надійності обладнання, суттєво залежить від параметрів якості поверхонь тертя і, в першу чергу, від шорсткості та фізичних властивостей поверхневого шару. Ці параметри формуються на фінішних операціях тонкого абразивного оброблення.

Деякі основні властивості нових зносостійких композиційних матеріалів на основі алюмінію наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-механічні та антифрикційні властивості композитів на основі алюмінію

Властивості композитів	Марка композиційного сплаву			
	АК12М2МгН [3]	АМ4,5Кд [4]	АК8М3ч [5]	АК12ММгН + (9-12)% МоS ₂ [6]
Межа міцності на розтяг, МПа	180 - 185	187-190	187-195	190-197
Твердість НВ, МПа	550 -570	580-600	590-610	595-615
Ударна в'язкість, кДж/м ²	0,18 - 0,30	0,22- 0,34	0,25 - 0,35	0,27-0,37
Коеф. тертя при 5 МПа	0,0075 - 0,0080*	0,0077 - 0,0082**	0,0045 - 0,0048**	0,0038-0,0050**
Інтенсивність зношування при 5 МПа	3,9*	5,3*	2,66-2,69**	2,61-2,65
Інтенсивність зношування контртіла при 5 МПа	Сліди	0,005*	0,002**	сліди
Гранична температура, °С	120	170	150	155
Граничне навантаження, МПа	7	7	6**	6,5**

Примітка: * - випробування при 100 °С; ** - випробування при 150 °С; змащування індустриальним мастилом «І – 20» в парі з контртілом зі сталі 45 (45 - 48 HRC)

У зв'язку з тим, що нові композиційні сплави на основі алюмінію знайшли своє використання у машинобудуванні та приладобудуванні відносно нещодавно, розгалужених та всебічних досліджень процесів їх тонкого абразивного оброблення до цього часу практично немає. Зроблено лише перші кроки у цьому напрямку, зокрема, є поодинокі публікації, присвячені дослідженню впливу складу інструменту та режимів різання на параметри шорсткості поверхонь при тонкому абразивному шліфуванні [7 - 9].

Виходячи із загальних положень теорії абразивного оброблення матеріалів [10-14] та враховуючи специфічні властивості композиційних сплавів на основі алюмінію, було б вельми корисним для формування необхідних параметрів шорсткості поверхонь тертя при їх обробленні

застосовувати шліфувальні круги з надтвердих синтетичних матеріалів, зокрема, з синтетичного алмазу АС. На жаль, досліджень у цьому напрямку до сьогодні не велось. Це, безумовно, є перешкодою до повного використання усіх резервів підвищення зносостійкості за рахунок використання, притаманних лише їм, властивостей найновітніх марок композитів на основі алюмінію і, у тому числі, зростання параметрів зносостійкості, надійності та довговічності шляхом формування найкращих параметрів шорсткості методами тонкого алмазного шліфування.

В науково-технічній літературі є багато публікацій по застосуванню інструментів з надтвердих синтетичних алмазів для обробки деталей різних галузей виробництва [10-19]. Науковцями та практикою провідних машинобудівних підприємств доведено, що застосування алмазного шліфування (перш за все, завдяки особливостям інструменту) дозволяє отримати найкращі показники якості оброблюваних поверхонь.

Втім відсутність технологічних рекомендацій з алмазного 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 протирічних, і які здебільшого створені відповідно до можливостей того чи іншого підприємства.

Тому дослідження технологічних процесів тонкого алмазного шліфування композиційних матеріалів на основі алюмінію є актуальним питанням, що має безсумнівне як наукове, так і, що не менш важливо, практичне значення для технологів-виробничників.

Мета і завдання. Метою даної роботи було дослідження параметрів шорсткості поверхонь при тонкому алмазному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних матеріалів на основі алюмінію АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АМ8МЗч та АК12ММгН + (9–12 %) MoS₂ та встановлення впливу зернистості шліфувального круга, типу зв'язки інструменту і основних режимів різання на якісні показники поверхонь оброблення досліджуваних деталей тертя.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження з означеної науково-технічної задачі виконувались згідно з методикою наведеною у роботах [2, 7-10]. 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.

Таблиця 2. Параметр шорсткості R_a при тонкому плоскому шліфуванні композитного сплаву АК12М2МгН [3]

Поперечна подача S _{поп} , мм/подв. хід	Швидкість виробу (поздовжня подача) V _в м/хв.	Глибина шліфування t, мм		
		0,002	0,01	0,05
		R _a , мкм		
0,1	2	0,212	0,340	0,380
	5	0,315	0,350	0,400
	10	0,330	0,395	0,440
0,2	2	0,370	0,410	0,455
	5	0,395	0,435	0,445
	10	0,410	0,465	0,580
0,5	2	0,490	0,500	0,600
	5	0,545	0,565	0,670
	10	0,610	0,620	0,700
1,0	2	0,680	0,705	0,770
	5	0,740	0,775	0,820
	10	0,800	0,840	0,890

Примітки: Верстат – FF-350 “Abawerk” (ФРН), абразив – алмаз синтетичний АСМ14Бр1 100% на бакелітно-гумовій зв'язці БР1, швидкість круга – 25 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_в, t) та при змінній третій величині (наприклад, S_{поп}), показала, що досліджені сукупності суттєво різні.

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 $S_{\text{поп}} - t$, $t - V_B$, $S_{\text{поп}} - V_B$ 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:

$$R_a = 0,2655S_{\text{п}} + 5,1t + 0,0053V_B - 0,0441 \quad (1)$$

Аналіз формули (1) показує, що на параметр шорсткості R_a чинять найбільший вплив глибина шліфування t та поперечна подача $S_{\text{п}}$, 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 $S_{\text{п}} = 0,01 - 0,02$ мм/подв.хід;
- глибина шліфування $t = 0,002 - 0,100$ мм;
- швидкість виробу $V_B = 2,0 - 4,0$ м/хв.

II – а 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 – а група:

$$R_a = 0,2655S_{\text{п}} + 5,12t + 0,0053V_B - 0,0065 \quad (2)$$

II – а група:

$$R_a = 0,2547S_{\text{п}} + 5,31t + 0,0055V_B - 0,0546 \quad (3)$$

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 $S_{\text{поп}}$, t , V_B для даного ельборового 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 алмазному шліфуванні кругами різної зернистості М50, М28, М14, М7. Відповідні експериментальні дані наведені у табл. 3.

Аналіз даних табл. 3 дозволяє зробити суттєві практичні висновки: найменшу шорсткість поверхні у досліджуваному діапазоні зернистості інструменту (7 – 100 мкм) забезпечують алмазні круги з зернистістю 7 мкм. Ці результати можуть бути пояснені загальними положеннями теорії шліфування.

Таблиця 3. Вплив зернистості інструменту на параметр шорсткості поверхні R_a при тонкому плоскому алмазному шліфуванні деталей з композитних сплавів на основі алюмінію [3-5]

Характеристика ельборового (ЛО) інструменту	Матеріал зразків		
	AK12M2MГH	AM4,5Kд	AK8M3ч
	R_a , мкм		
AC10Бp1 100%	0,890	0,871	0,855
AC 5Бp1 100%	0,850	0,835	0,815
AC M28Бp1 100%	0,261	0,240	0,260
AC M20 Бp1 100%	0,225	0,207	0,210
AC M14 Бp1 100%	0,212	0,203	0,195
AC M10 Бp1 100%	0,201	0,190	0,186
AC M7 Бp1 100%	0,181	0,174	0,163
63CM14Гл	0,673	0,621	0,615
63CM7Гл	0,367	0,358	0,345

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

Дійсно, збільшення шорсткості поверхонь зі зростанням зернистості обумовлюється збільшенням перерізу a_z зрізу шару металу. Покращення шорсткості також пояснюється і тим, що зерна алмазу мають достатньо гостру форму (мінімальний кут загострення при вершині зерна) та найменший (у порівнянні з зернами карбїду кремнію зеленого та електрокорунду) радіус округлення одиничного зерна (табл. 4.) [10, 17-19].

Таблиця 4. Середні значення геометрії кута ріжучих зерен у різних абразивних матеріалів

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
Ельбор	63C10	7,5	95,1
	63CM28	2,3	92,1
	63CM14	2,0	90,6
Карбїд кремнію зелений	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

В результаті математичної обробки експериментальних даних було отримано кореляційне рівняння зв'язку параметру шорсткості R_a з зернистістю A алмазного інструменту, що має вигляд:

$$R_{\alpha} = 0,0051S_{\pi} - 0,0069 \quad (4)$$

Таким чином, знаючи зернистість алмазного шліфувального круга А можна розрахувати параметр шорсткості R_a і впевнитись у тому, що вибраний інструмент забезпечить вимоги до якості робочих поверхонь деталей тертя. Це значно спрощує зусилля технологів-практиків при виборі шліфувального інструменту під час проектування технологічних процесів.

Суттєвим питанням є і те, як впливає склад зв'язки алмазного круга на параметр шорсткості поверхні R_a , результати дослідження якого наведені у табл.5.

Попередньо доцільно зауважити, що природні алмази (А), зерна яких мають найгострішу форму більш ефективні (з точки зору забезпечення параметру шорсткості R_a та продуктивності шліфування) при обробці таких матеріалів, як алюміній, мідь, латунь. Проте не слід забувати, що це найкоштовніший інструмент. Тому у всіх подальших експериментах по дослідженню процесів тонкого алмазного шліфування композитів на основі алюмінію застосовувались інструменти з алмазу синтетичного марки АС.

Зазначимо, що основні експерименти проводились на зразках композитів на типу АК12М2МгН і дещо обмежена кількість дослідів виконувалась на зразках композитів інших марок, для встановлення загальних закономірностей.

Аналізуючи дані табл. 5, необхідно зазначити, що найкращі значення параметрів шорсткості R_a поверхонь оброблення деталей з нових композитних сплавів на основі алюмінію забезпечують алмазні круги на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1. Це може бути пояснено її більш еластичною здатністю і, таким чином, при шліфуванні (під час вривання абразивного зерна у метал) під дією складових сил різання кожне зерно начебто демфується 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.

Таблиця 5. Вплив матеріалу зв'язки алмазного круга на параметр шорсткості обробленої поверхні R_a зразків з композитів на основі алюмінію АК12М2МгН при плоскому шліфуванні

Характеристика абразивного інструменту	Матеріал зв'язки круга	Параметр шорсткості R_a , мкм
АС5Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,920
АС5Бр 100 %	Бакелітно-гумова Б1	0,850
АС5К1 100 %	Керамічна К1	1,210
АС5М1 100 %	Металева М1	1,105
АСМ28Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,300
АСМ28Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,261
АСМ28К1 100 %	Керамічна К1	0,490
АСМ14Б1 100 %	Бакелітна	0,225
АСМ14Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,212
АСМ14К1 100 %	Керамічна	0,300
АСМ10Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,201
АСМ7Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,181

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

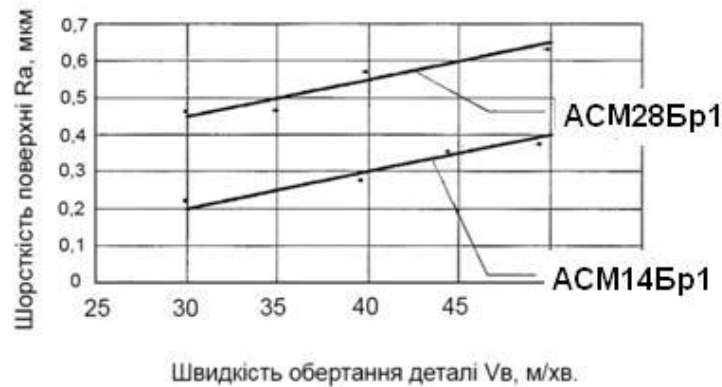
Слід зауважити, що ці висновки зроблені на підставі аналізу фактичних даних, отриманих під час експериментального дослідження із застосуванням широкої гами зв'язок (бакелітна, керамічна, металева, бакелітно-гумова) та зернистостей алмазного круга (100, 28, 14, 10 та 7 мкм).

Приймаючи до уваги те, що фізичні явища у процесі різання металів принципово подібні для плоского, зовнішнього круглого та внутрішнього шліфування, експериментальне дослідження процесів зовнішнього круглого і внутрішнього алмазного шліфування деталей тертя з композитних матеріалів на основі алюмінію виконувалось з урахуванням вищенаведених результатів. Зокрема, для дослідів використовувались алмазні інструменти з синтетичного алмазу

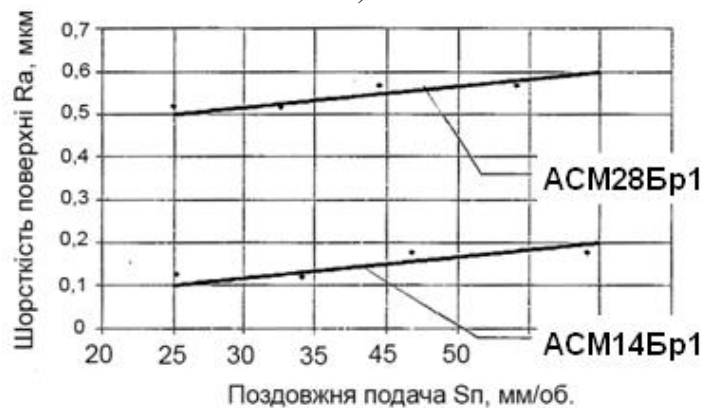
АС зернистістю 14 – 28 мкм, які сформовані у шліфувальні круги бакелітно-гумовою зв'язкою (Бр1).

Зазначимо, що зовнішнє тонке алмазне кругле шліфування здійснювалось на прецизійному верстаті AS-250 «Werkzajt» (ФРН), а для внутрішнього шліфування застосовувався прецизійний внутрішньошліфувальний верстат надвисокої точності SS – 125 «Studer» (Швейцарія). Основні результати досліджень наведені на рис. 1, 2.

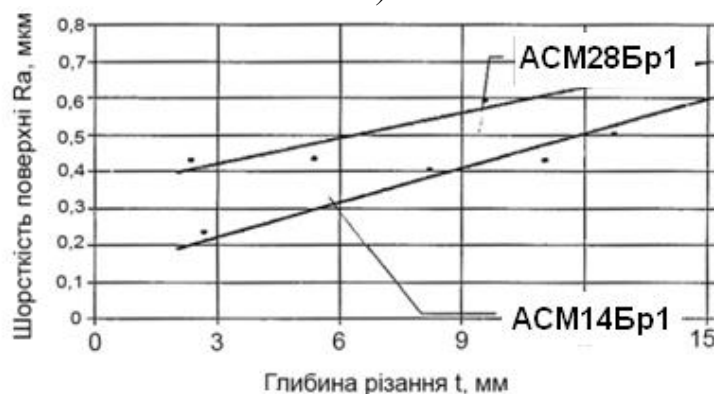
Аналіз експериментів (рис.1) показує, що на шорсткість поверхонь деталей з нових композитних матеріалів на основі алюмінію при тонкому зовнішньому круглому алмазному шліфуванні (як і при плоскому алмазному шліфуванні) суттєво впливають режими різання: швидкість виробу V_b , поздовжня подача S_n та глибина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



а)



б)



в)

Рис. 1. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a деталей з композиційного сплаву АК12М2МГН на основі алюмінію від режимів тонкого ельборового шліфування V_b , S_n , 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.; $S_n = 5$ м/об

Аналогічно з плоским алмазним шліфуванням найкращу якість оброблених зовнішніх поверхонь композитних циліндричних деталей (за параметром шорсткості R_a) тонким алмазним круглим зовнішнім шліфуванням забезпечує застосування інструментів з синтетичних алмазів (АС) на бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1), зернистістю 14–28 мкм (М14 – М28) та застосування тонких режимів шліфування ($V_b \rightarrow \min; S_n \rightarrow \min; t \rightarrow \min$).

Схожі результати отримані при тонкому круглому внутрішньому ельборовому шліфуванні робочих поверхонь деталей тертя з нових композитних сплавів на основі алюмінію АК12ММГН + (9 – 12) % MoS.

Результати експериментів наведені на графіках (рис. 2).

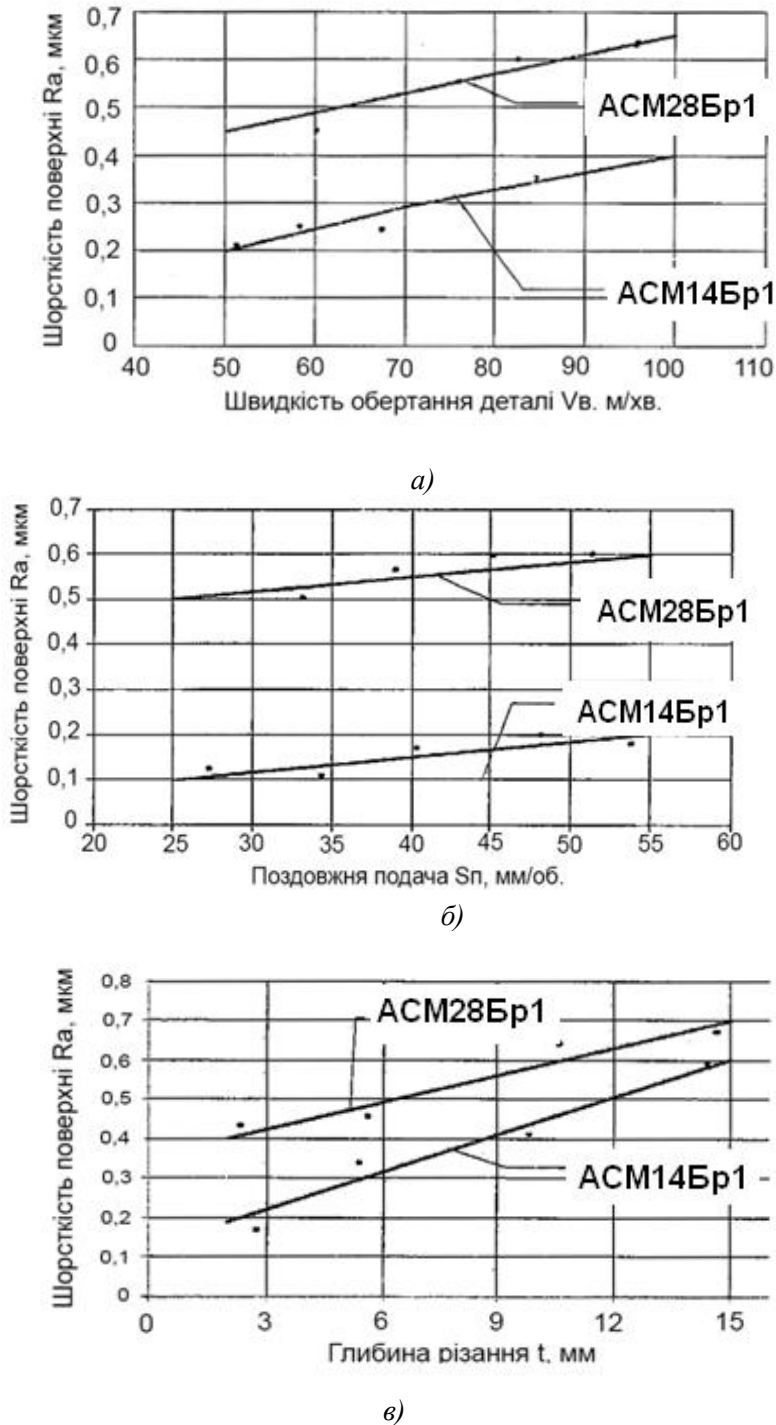


Рис. 2. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a деталей з композиційного сплаву АК12ММГН + (9 – 12) % MoS₂ від режимів тонкого ельборового шліфування V_b, S_n, t при тонкому круглому внутрішньому шліфуванні (швидкість ельборового круга – $V_{кр.} = 45$ м/с):
 а) $S_n = 30$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_b = 50$ м/хв.; $t = 2$ мкм; в) $V_b = 50$ м/хв.; $S_n = 30$ мм/об

Аналіз рис. 2 показує, що при застосуванні для прецизійного внутрішнього алмазного шліфування деталей з нових композиційних сплавів на основі алюмінію з використанням для оброблення алмазних кругів з синтетичного алмазу АС 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 алмазного 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 тонкого алмазного шліфування нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів виробництва деталей з алюмінію, що відкриває можливості одержання високоякісних деталей тертя з нових композитів для поліграфічних машин.

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

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

4. Найкращі показники параметру R_a , які задовольняють високі вимоги до поверхонь деталей тертя технологічних комплексів і машинних систем, забезпечують шліфувальні круги з синтетичних алмазів АС зернистістю 14 – 28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці та тонкі режими різання, а саме:

- для плоского алмазного 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 алмазного шліфування: швидкість абразивного круга – 35 м/с, швидкість виробу (деталі) – 30 м/хв., поздовжня подача – 30 мм/об., глибина різання – 2 мкм;
- для круглого внутрішнього алмазного шліфування: швидкість круга – 45 м/с, швидкість виробу – 50 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 машин, зокрема параметрів шорсткості та фізичних властивостей поверхневого шару оброблення при тонкому шліфуванні із застосуванням найновітніх шліфувальних інструментів-кругів на основі кубоніту та борозону, що обумовить реалізацію подальших кроків для підвищення зносостійкості деталей такого типу.

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. Киричок П.О., Роїк Т.А., Шевчук А.В., Гавриш А.П., Лотоцька О.І. Технологія поліграфічного машинобудування: Учебний посібник. – К.: вид. НТУУ «КПІ», 2014.– 404 с.
3. Патент України № 60174 А, МКИ С22С 21/02. Порошковий антифрикційний матеріал на основі алюмінію /Комнацький О. Л., Роїк Т. А., опубл. 15.09.2003, Бюл. №9.
4. Пат. 34407 Україна, МКИ С22С21/02 Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію /Роїк Т. А., Гавриш А.П., Гавриш О.А., Холяк В.В., Прохоренко О.М. – опубл. 11.08.08, Бюл. № 15.
5. Патент України №26862, МКИ С22С21/02. Антифрикційний матеріал на основі алюмінію/ Роїк Т.А., Гавриш А.П., Киричок П.О., Гавриш О.А. –опубл.10.10.2007, Бюл. №16.
6. Патент України № 75523, МПКС22С21/02(2006.01) Зносостійкий матеріал на основі алюмінієвого сплаву / Роїк Т.А., Гавриш А. П., Гавриш О.А., Киричок П.О., Віцюк Ю.Ю., Мельник О. О., Замулко С.О., Дорфман І. Є. опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23.
7. 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.
8. Гавриш А.П., Мельник О.О., Роїк Т.А., Аскеров М.Г., Гавриш О.А. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації: Монографія. – К.: НТУУ „КПІ”, 2012. – 196 с.
9. Гавриш А.П., Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю., Олійник В.Г., Дорфман І.Є. Розробка технологічних режимів тонкого абразивного шліфування зносостійких деталей поліграфічної техніки з нових композитів на основі алюмінію // Технологічні комплекси. – №1 (9), 2014, – С. 75 – 87.
10. Гавриш А.П., Мельничук П.П. Фінішне алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: Монографія. – Житомир: вид. Житомирського ДТУ, 2004.– 551 с.

11. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов.– М.: Машиностроение, 1974.– 320 с.
12. Ящерицын П.И. Прогрессивная технология финишной обработки деталей. – Минск: Беларусь, 1989.– 312 с.
13. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования.– К.: Наукова думка, 1978.– 207 с.
14. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. К.: Техника, 1971.– 144 с.
15. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования.– Харьков: Вища школа, 1985.– 298 с.
16. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении: Учебное пособие /Под. общ. ред. А.И. Грабченко.– Харьков: изд. ХГПУ, 1999.– 436 с.
17. Мазур М.П., Внуков Ю.М., Доброскок В.Л., Залога В.О., Новоселов Ю.К., Якубов Ф.Я. Основи теорії різання матеріалів: Підручник/Під заг. ред. М. П. Мазура. – Львів.: Новий світ, 2010. – 423 с.
18. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Монография в 6 т./Под. общ. Н.В. Новикова.– К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАНУ, 2007.– Т. 6: Алмазно-абразивный инструмент в технологиях обработки/Под. ред. А.А. Шепелева.– 340 с.
19. Лавриненко В.І., Новіков М.В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: Енциклопедичний довідник/Під заг. ред. акад. НАН України М. В. Новікова. К.: вид. ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2014.