

УДК 621.923.6

ГАВРИШ А.П., РОЇК. Т. А., ДОРФМАН І.Є., ВІЦЮК Ю.Ю.

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут»

ТОНКЕ ЕЛЬБОРОВЕ ШЛІФУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ МАШИННИХ КОМПЛЕКСІВ

Мета. Метою роботи є експериментальне дослідження процесів тонкого ельборового шліфування деталей тертя з нових композиційних матеріалів на основі відходів алюмінієвих сплавів для машинних комплексів підприємств легкої та харчової промисловості, а також для поліграфічної техніки.

Методика. За методикою обробка зразків виконувалась на плоскошліфувальних, кругло і внутрішньошліфувальних верстатах. Тонке ельборове шліфування проводили ельборовими кругами на бакелітовій зв'язці. Зразки для експериментів були виготовлені методами порошкової металургії з композиційних матеріалів на основі відходів алюмінієвих сплавів АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АК8М3ч та АК12ММгН + (9 – 12 %) MoS₂.

Результати. Доведено, що на параметр якості поверхні оброблення R_a суттєво впливають зернистість, матеріал зв'язки ельборового круга та режими тонкого ельборового шліфування. Найкращі показники параметру R_a , які задовольняють високі вимоги до робочих поверхонь деталей тертя технологічних комплексів і машинних систем, забезпечують шліфувальні круги з ельбору ЛО зернистістю 14 – 28 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці та тонкі режими різання. Показано переваги обробки поверхонь ельборовими кругами.

Наукова новизна. Вперше показано, що основні закономірності тонкого прецизійного ельборового шліфування нових композиційних матеріалів на основі відходів алюмінієвих сплавів співпадають при плоскому, круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуванні.

Практична значимість. Розроблено рекомендації з вибору режимів різання для тонкого ельборового шліфування деталей машин 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 ельборове шліфування.

Вступ. У сучасних машинах легкої та харчової промисловості, а також у конструкціях новітнього обладнання поліграфічної галузі широко застосовують 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 %) MoS₂ [3]

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 панчохів'язальних машин типу PALERMO – 105SR, укладачів швидкісних ткацьких верстатів SPRINT – 1205PI) та машин харчової промисловості (лоткові системи, маніпулятори і затискувачів).

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			
	AK12M2MgH [3]	AM4,5Kd [4]	AK8M3ч [5]	AK12MMgH + (9-12)% MoS 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 індустріальним мастилом «І – 20» в парі з контртілом зі сталі 45 (45 - 48 HRC).

Зносостійкий матеріал на основі алюмінієвого сплаву AK12MMgH з домішками твердого мастила (дисульфід молібдену MoS₂) 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.

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 з кубічного нітриду бору, що набув поширення у промисловості під торговою маркою «Ельбор» (ЛО) [15 – 17]. Нажаль, 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 ельборового шліфування.

В науково-технічній літературі є багато публікацій по застосуванню інструментів з надтвердих синтетичних матеріалів для обробки деталей різних галузей виробництва [10 – 20]. Науковцями та практикою провідних машинобудівних підприємств доведено, що застосування ельборового шліфування (перш за все, завдяки особливостям інструменту) дозволяє отримати найкращі показники якості оброблюваних поверхонь.

Втім 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 протирічних, і які здебільшого створені відповідно до можливостей того чи іншого підприємства.

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

Мета і завдання. Метою даної роботи було дослідження параметрів шорсткості поверхонь при тонкому ельборовому шліфуванні деталей тертя з нових композиційних матеріалів на основі алюмінію АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АМ8М3ч 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 Ra змінюється зі зміною режимних факторів оброблення – глибини шліфування, поперечної та поздовжньої подачі.

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 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.

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

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	0,280	0,350	0,390
	5	0,330	0,360	0,410
	10	0,345	0,405	0,460
0,2	2	0,380	0,420	0,470
	5	0,410	0,450	0,560
	10	0,425	0,480	0,595
0,5	2	0,500	0,510	0,620
	5	0,560	0,580	0,690
	10	0,630	0,640	0,720
1,0	2	0,690	0,720	0,790
	5	0,750	0,795	0,845
	10	0,810	0,855	0,910

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

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:

$$R_a = 0,264S_{\text{п.}} + 5,3t + 0,0059V_b - 0,0447 \quad (1)$$

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:

$$R_a = 0,2655S_{\text{п.}} + 5,3t + 0,0059V_b - 0,0071 \quad (2)$$

II – а група:

$$R_a = 0,2552S_{\text{п.}} + 5,3t + 0,0059V_b - 0,0566 \quad (3)$$

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 ельборовому шліфуванні кругами різної зернистості M50, M28, M14, M7. 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 ельборові 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 ельборовому шліфувальні деталей з композитних сплавів на основі алюмінію [3-5]

Характеристика ельборового (ЛО) інструменту	Матеріал зразків		
	AK12M2MГН	AM4,5Кд	AK8M3ч
	R_a , мкм		
ЛО10Бр1 100%	0,937	0,925	0,915
ЛО5Бр1 100%	0,903	0,893	0,882
ЛОМ28Бр1 100%	0,275	0,262	0,274
ЛОМ20 Бр1 100%	0,231	0,221	0,215
ЛОМ14 Бр1 100%	0,217	0,207	0,200
ЛОМ10 Бр1 100%	0,205	0,196	0,191
ЛОМ7 Бр1 100%	0,185	0,172	0,165
63СМ14Гл	0,673	0,621	0,615
63СМ7Гл	0,367	0,358	0,345

Примітки: Верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 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.

Дійсно, збільшення шорсткості поверхонь зі зростанням зернистості обумовлюється збільшенням перерізу a_z зрізу шару металу. Покращення шорсткості також пояснюється і тим, що зерна ельбору мають достатньо гостру форму (мінімальний кут загострення при вершині зерна) та найменший (у порівнянні з електрокорундовими та моно корундовими зернами) радіус округлення одиничного зерна (табл. 4.)

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

$$R_a = 0,0056S_n - 0,0073 \quad (4)$$

Таким чином, знаючи зернистість ельборового шліфувального круга 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 виборі шліфувального інструменту під час проектування технологічних процесів.

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

Попередньо доцільно зауважити, що ельбори марки ЛО більш ефективні (з точки зору забезпечення параметру шорсткості R_a та продуктивності шліфування) при обробці пластичних матеріалів (алюміній, мідь, латунь), хоча ельбори типу ЛП, маючи більшу гостроту зерен (табл. 4.) кращі при шліфуванні твердих та крихких матеріалів [15,20, 21]. Тому у всіх подальших експериментах по дослідженню процесів тонкого

ельборового шліфування композитів на основі алюмінію застосовувались інструменти на базі ельбору звичайної міцності ЛО.

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

Абразивний матеріал	Зернистість, мкм	Геометрія вершини зерна	
		Радіус заокруглення ρ , мкм	Кут при вершині, град
Алмази синтетичні	АС10/8	2,2	57,4
	АС6/5	1,1	52,2
	АСМ14/10	0,7 - 0,8	49,5
Ельбор звичайної міцності (ЛО)	ЛО10/8	2,25	58
	ЛО6/5	1,15	53
	ЛОМ14/10	0,8 - 0,85	50,1
Ельбор підвищеної міцності (ЛП)	ЛП10/8	2,22	58,4
	ЛП6/5	1,17	53,7
	ЛПМ14	0,81 - 0,86	51,2
	ЛПМ10	0,80 - 0,83	50,0
Карбід кремнію зелений	63С10	7,5	95,1
	63СМ28	2,3	92,1
	63СМ14	2,0	90,6
Електрокорунд білий	23А10	9,5	98,3
	23АМ28	2,7	94,7
	23АМ14	2,4	92,5

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 ельборові круги на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1. 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 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 ельборового 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
ЛО5Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,967
ЛО5Бр 100 %	Бакелітно-гумова Б1	0,903
ЛО5К1 100 %	Керамічна К1	1,345
ЛО5М1 100 %	Металева М1	1,320
ЛОМ28Б1 100 %	Бакелітна Б1	0,306
ЛОМ28Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Б1	0,275
ЛОМ28К1 100 %	Керамічна К1	0,591
ЛОМ14Б1 100 %	Бакелітна	0,236
ЛОМ14Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,217
ЛОМ14К1 100 %	Керамічна	0,247
ЛОМ10Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,205
ЛОМ7Бр1 100 %	Бакелітно-гумова Бр1	0,185

Примітки: Верстат – FF-350 «Abawerk» (ФРН); режими різання: швидкість круга – 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

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 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 ельборового шліфування деталей тертя з композитних матеріалів на основі алюмінію виконувалось з урахуванням вищенаведених 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 здійснювалось 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.

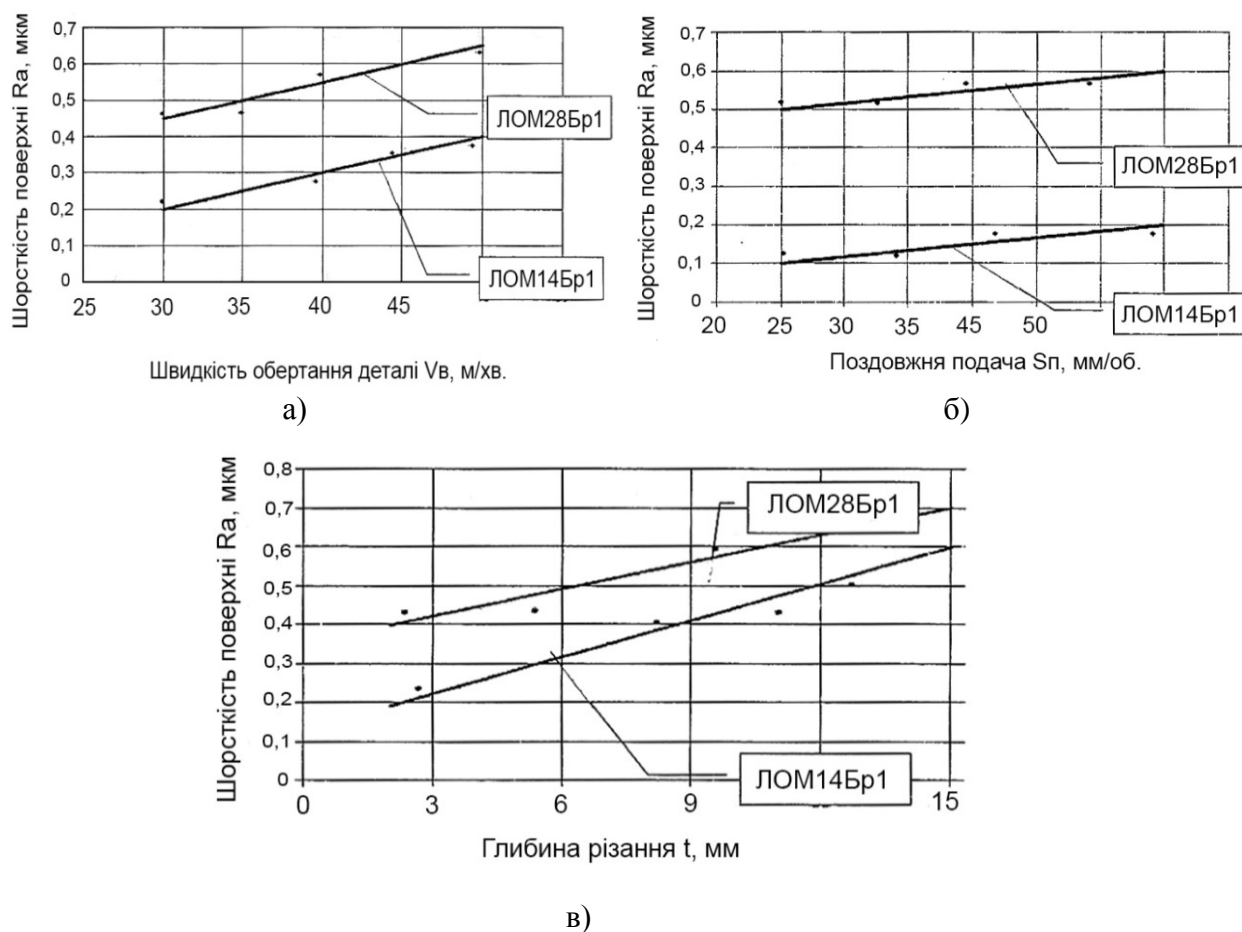


Рис. 1. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a деталей з композиційного сплаву АК12М2МгН на основі алюмінію від режимів тонкого ельборового шліфування V_b , S_p , t при зовнішньому круглому шліфуванні (швидкість кола – $V_{кр} = 30$ м/с): а) $S = 5$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_b = 30$ м/хв.; $t = 2$ мкм; в) $V_b = 30$ м/хв.; $S_p = 5$ м/об.

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

Аналогічно з плоским ельборовим шліфуванням 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 ($V_b \rightarrow \min$; $S_p \rightarrow \min$; $t \rightarrow \min$).

Схожі результати отримані при тонкому круглому внутрішньому ельборовому шліфуванні робочих поверхонь деталей тертя з нових композитних сплавів на основі алюмінію АК12ММгН + (9 – 12) % МоS.

Результати експериментів наведені на графіках (рис. 2).

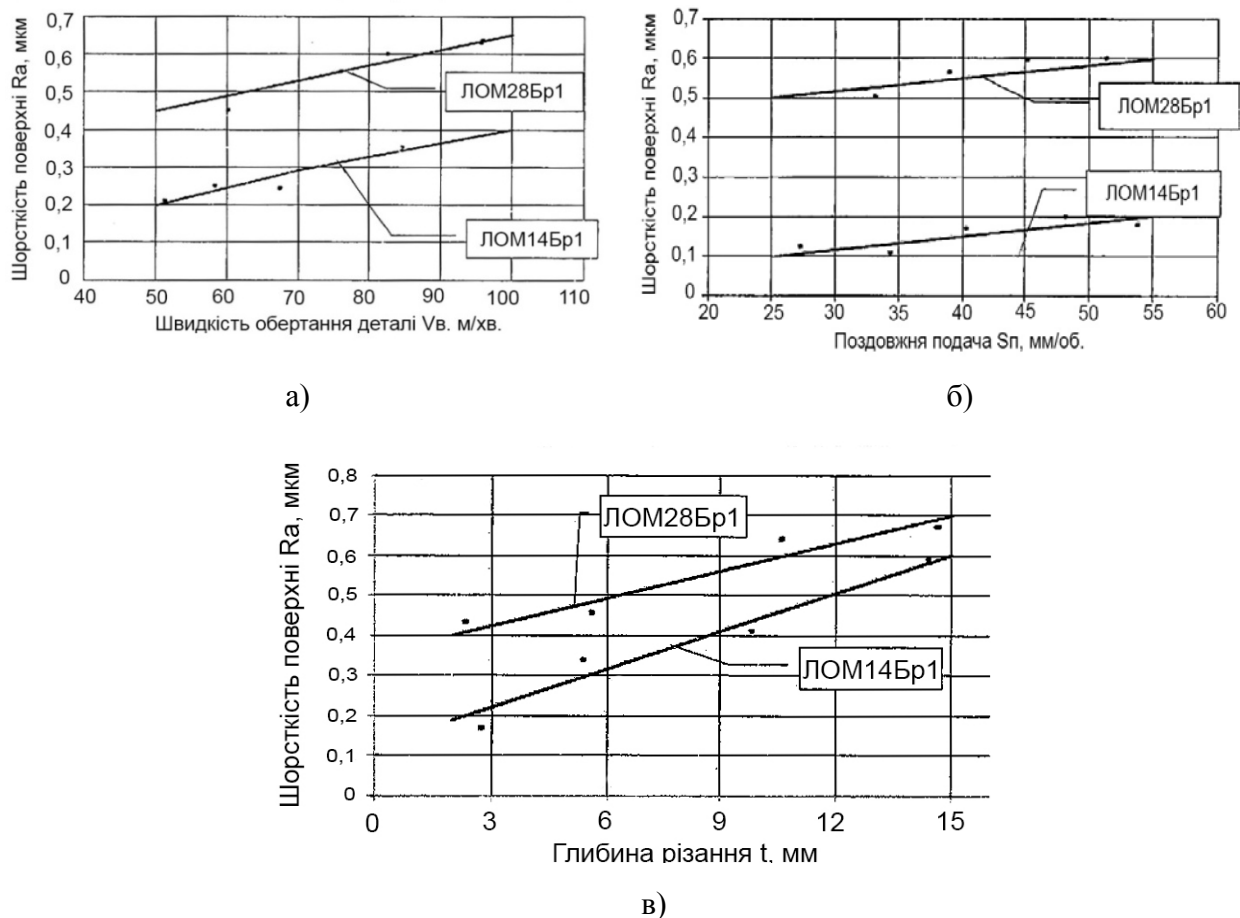


Рис. 2. Залежність параметрів шорсткості поверхні R_a деталей з композиційного сплаву АК12ММгН + (9 – 12) % MoS_2 від режимів тонкого ельборового шліфування V_b , S_n , t при тонкому круглому внутрішньому шліфуванні (швидкість ельборового круга – $V_{кр.} = 40$ м/с): а) $S_n = 30$ мм/об.; $t = 2$ мкм; б) $V_b = 50$ 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 ельборового шліфування деталей з нових композиційних сплавів на основі алюмінію з використанням для оброблення ельборових кругів на базі 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_b . 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.

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 виробництва деталей з алюмінію, що відкриває можливості одержання високоякісних деталей тертя з нових композитів для машинних комплексів.

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

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 параметру R_a , які задовольняють високі вимоги до поверхонь деталей тертя технологічних комплексів і машинних систем, 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.

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 синтетичного алмазу та борозону, що обумовить реалізацію подальших кроків для підвищення зносостійкості деталей такого типу.

Список використаної літератури

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: Учбовий 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., Холявко 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., Віщюк 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., Віщюк 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., Віщюк 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 - 44 с.

15. Лысанов В. С., Букин В. А., Глаговский Б. А., Кремень З. И., Попов С. А. Эльбор в машиностроении: Монография/Под. общ. ред. В. С. Лысанова - Л.: Машиностроение, 1978 - 280 с.

16. Ардамацкий А. Л. Эльборовая обработка оптических деталей - Л.: Машиностроение, 1989 - 287 с.

17. Грабченко А. И. Расширение технологических возможностей эльборового шлифования - Харьков: Вища школа, 1985 - 298 с.

18. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении: Учебное пособие /Под. общ. ред. А.И. Грабченко - Харьков: изд. ХГПУ, 1999 - 436 с.

19. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Доброскок В. Л., Залога В. О., Новоселов Ю. К., Якубов Ф. Я. Основы теорії різання матеріалів: Підручник/Під заг. ред. М. П. Мазура - Львів.: Новий світ, 2010 - 423 с.

20. 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.

21. 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.

Рекомендовано до друку: Роїк Т. А., КПІ
Стаття надійшла до редакції 19.02.2014

ТОНКОЕ ЭЛЬБОРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ МАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ

ГАВРИШ А.П., РОИК Т.А., ДОРФМАН И.Е., ВИЦЮК Ю.Ю.

Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический Институт»

Цель. Целью работы является экспериментальное исследование процессов тонкого эльборового шлифования деталей трения из новых композиционных материалов на основе отходов алюминиевых сплавов для машинных комплексов предприятий легкой и пищевой промышленности, а также для полиграфической техники.

Методика. По методике обработку образцов выполняли на плоскошлифовальных, кругло и внутришлифовальных станках. Тонкое эльборовое шлифование проводили эльборовыми кругами на бакелитовой связке. Образцы для экспериментов были изготовлены методом порошковой металлургии из композиционных материалов на основе отходов алюминиевых сплавов АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АК8М3ч та АК12ММгН + (9 – 12 %) MoS₂.

Результаты. Доказано, что на параметр качества поверхности обработки R_a существенно влияют зернистость, материал связки эльборового круга и режимы тонкого эльборового шлифования. Наилучшие показатели параметра R_a, которые удовлетворяют высокие требования к рабочим поверхностям деталей трения технологических комплексов и машинных систем, обеспечивают шлифовальные круги из эльбора ЛО зернистостью 14–28 мкм на бакелито-резиновой связке и тонкие режимы резания. Показаны преимущества обработки поверхностей эльборовыми кругами.

Научная новизна. Впервые показано, что основные закономерности тонкого прецизионного эльборового шлифования новых композиционных материалов на основе отходов алюминиевых сплавов совпадают при плоском, круглом внешнем и внутреннем шлифовании.

Практическая значимость. Разработаны рекомендации по выбору режимов резания для тонкого эльборового шлифования деталей машин 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 эльборовое шлифование.*

FINE ELBOR GRINDING OF FRICTION PARTS WHICH ARE BASED ON ALUMINIUM FOR MACHINE COMPLEXES

GAVRISH A. P., ROIK T. A., DORFMAN I. E., VITSUK Yu. Yu.

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

Annotation: The purpose of work is the experimental researches of fine elbor grinding of friction parts from new composite materials based on aluminium alloys wastes for machine complexes of light and food industries enterprises and also for printing equipment.

Methodology. The samples were processed on plain-grinding, round-external-finishing and internal-grinding machines. Fine elbor grinding was carried out by grinding discs from elbor on bacelit-gum bond. The samples were manufactured by powder metallurgy from composite alloys based on aluminium alloys wastes, such as AK12M2MgH, AM4,5Kd, AK8M3ch and AK12MMgH + (9 – 12 %) MoS₂.

Findings. It was demonstrated the tool granulosity, elbor disc's material of bond and fine elbor grinding parameters essentially influence for surface's parameter R_a . Grinding discs from elbor ЛО with granulosity 14–28 μm on bacelit-gum bond and fine parameters of cutting ensure the best value of parameters R_a which satisfy the high requirements for technological complexes and machine systems' friction parts surface quality. It was shown the advantages of surfaces' treatment by elbor discs.

Originality. For the first time it was shown the main regularities of fine precision elbor grinding of new composite materials based on aluminium alloys wastes agree with plain, round external and internal grinding.

Practical value. It was developed the recommendations for choice of cutting parameters for elbor 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 elbor grinding.*

УДК 677.072.6

REZANOVA V.¹, SHCHOTKINA V.², TSEBRENKO M.¹

¹Kyiv National University of Technology and Design

²Taras Shevchenko National university of Kyiv

PLANNING THE EXPERIMENT AND OPTIMIZATION OF THE CONTENT OF NANOADDITION IN POLYPROPYLENE MONOTHREADS

Purpose. *Planning the experiment and optimization of the content of the composition Polypropylene\ binary nanoaddition in order to obtain Polypropylene monothreads with high mechanical and antibacterial properties.*

Methodology. *For planning the experiment the simplex-grid method has been used in pseudo coordinates . The optimization of the content of the nanoaddition has been carried out using the Harrington criterion.*

Findings. *The influence of the nanoaddition silver\silica (Ag/SiO_2) on the properties of the Polypropylene (PP) monothreads has been explored using the method of mathematical modeling and the content of composition for their forming has been optimized.*

Originality. *The mathematical model, that defines the interconnection between the content of the mixture components and the properties of the nanofilled PP threads, has been created.*

Practical Value. *Modified monothreads formed of the optimal content of the PP\nanoaddition composition combine high level of strength and elasticity and develop antibacterial effect.*

Keywords: *nanoaddition, planning, mathematical model, optimization.*

Topicality of working out methods of obtaining fibers and threads with antibacterial effect is caused by necessity in creating some medical products to cure and protect medical workers and biologists. Attaching bactericidal properties to threads by inserting metal nanoparticles is one of the most perspective. Using binary nanocompos, where nanoparticles of biometals are brought in the surface of inert sorbents, enables creating fundamentally new