

УДК 621.923.6: 621.318.4: 621.002.1
DOI: 10.20535/2077-7264.1(83).2024.300950

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

**КОНТАКТНІ ТЕМПЕРАТУРИ
ПРИ ЕЛЬБОРОВОМУ ШЛІФУВАННІ
КОМПОЗИТНИХ ДЕТАЛЕЙ
З ВІДХОДІВ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ
ДЛЯ ВУЗЛІВ ДРУКАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Стаття присвячена аналізу особливостей виникнення миттєвих контактних температур при тонкому ельборовому шліфуванні нових антифрикційних самозмащувальних композитів, синтезованих на основі регенерованих шліфувальних відходів високолегованих сталей з домішками твердого мастила фториду кальцію — $P6AM5+(4-8)\%CaF_2$ та $8X4B2MFC2+(4-8)\%CaF_2$.

Ключові слова: миттєві контактні температури; ельборові інструменти; антифрикційні композити; режими шліфування.

Постановка проблеми

Режими роботи друкарського обладнання постійно інтенсифікуються, коли машини, їх вузли та окремі деталі працюють в умовах безперервної та одночасної дії важких навантажувальних чинників — високих швидкостей обертання, зовнішніх тисків, агресивного середовища. Це обумовлено сучасними потребами ринку друкарської продукції, що вимагає від розробників сучасного переоснащення поліграфічних машин і застосування для цього якісно нових деталей.

Так, вузли тертя високошвидкісної друкарської техніки функціонують за швидкостей обертання більше 1000 об./хв, підвищених тисках до 7,0 МПа, в умовах

дії агресивного середовища — повітря. Для таких цілей останнім часом науковці створили спеціальні матеріали, які синтезовані на основі регенерованих шліфувальних відходів інструментального виробництва [1–4].

Для одержання високих характеристик надійності і довговічності самозмащувальних деталей з композитних антифрикційних матеріалів геометрія їх робочих поверхонь (згідно з технологічними регламентами) формується з використанням різних способів прецизійної обробки робочих поверхонь. Це технології тонкого шліфування різним абразивним інструментом, магнітно-абразивна обробка, суперфінішна доводка, хонінгування, які добре зарекомен-



ду-вали себе і зараз ефективно використовуються залежно від вимог до параметрів якості деталі [1–4].

В останній час виконано ряд досліджень, що мали на меті встановити інтегральний вплив складу абразивного, алмазного, ельборового різального інструменту, а також технологічних параметрів обробки у процесі прецизійного шліфування на кінцеві величини шорсткості Ra робочих поверхонь антифрикційних композитів [1–4]. Особливо приділялась увага вивченню закономірностей формування параметрів якості поверхонь тертя таких деталей із застосуванням технології магнітно-абразивного оброблення [5–7].

Слід зазначити, що безперервне зростання ефективності виробництва у сучасному машинобудуванні пов'язано з широким застосуванням перспективних видів абразивних матеріалів для оснащення ефективних інструментів з них. Серед інших абразивних матеріалів окреме місце займає ельбор, що являє собою штучний твердий мінерал з хімічною формулою BN — нітрид бору з кубічною кристалічною ґраткою. На практиці широке розповсюдження отримали шліфувальні круги з ельбору двох видів: звичайної міцності та підвищеної міцності, що маркуються ЛО і ЛП відповідно [8–11].

Дослідження особливостей застосування ельбору для тонкого механічного оброблення робочих поверхонь деталей продемонстрували, що за величиною твердості BN максимально наближений до твердості алмазу, при цьому перевищує його за тепло-

стійкістю. Ельбор BN є хімічно інертним по відношенню до заліза і його сплавів, що окреслює зону ефективного застосування інструментів цього класу [1, 6–11].

Особливо високу ефективність продемонстрували шліфувальні круги з ельбору у процесі прецизійної обробки деталей з високолегованих матеріалів підвищеної твердості [1–4].

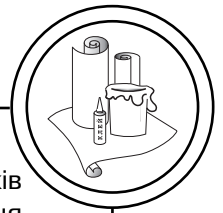
До таких деталей належать втулки, вкладні та ін. антифрикційні самозмащувальні композитні деталі, що виготовлені на основі регенованих шліфувальних відходів інструментальних і штампових сталей [1].

Розроблені авторами [1–4] композитні антифрикційні деталі і використані нові способи тонкої обробки їх робочих поверхонь показали високу ефективність означених деталей порівняно з традиційно застосованими литими деталями, що працюють у вузлах офсетних, формних і друкарських циліндрів за високих швидкостей обертання (>1000 об./хв) за одночасної дії підвищених навантажень до 7,0 МПа і агресивного середовища — повітря.

Саме нові композиційні антифрикційні деталі тертя для друкарської техніки [1–4] здатні суттєво підвищити зносостійкість вузла і машини у цілому.

Такі композитні деталі є високолегованими і містять у своєму складі такі елементи як молібден, вольфрам, ванадій, хром, кобальт, ніобій, нікель та інші, що свідчить про важкооброблюваність таких матеріалів методами механічної обробки.

Слід зазначити, що важкооброблюваність таких композитних деталей призводить до значного



розігріву оброблюваної поверхні, і, як наслідок, до зміни структури поверхневого шару під дією температур, а, відтак, і до зниження вихідних властивостей поверхневих шарів деталі.

На жаль, питання досліджень температурних чинників тонкого ельборового шліфування нових антифрикційних композитних деталей з регенованих відходів легованих сталей залишається ще не достатньо висвітленим.

Причиною цього є складність реальної можливості раціоналізувати режими фінішного шліфування робочих внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь композитних деталей через відомі дані [2], що їх інтегральні властивості поверхневих шарів є наслідком комплексної та безперервної дії температурного і силового чинників. Такі явища завжди мають місце у процесі зрізання мікростружок кожним різальним зерном у складі інструменту [1, 2, 6, 7, 9, 10].

Складові сил різання (силове поле) формують залишкові напруження у поверхневому шарі деталей, що оброблюються [2, 6, 7]. Одночасно виникають контактні температури в зоні шліфування як наслідок мікропластичних деформацій через тертя при контакті абразивних зерен інструменту і оброблюваної поверхні у процесі утворення мікростружок.

Контактні температури (зони нагріву поверхні) спричиняють явище, так званого відпочинку поверхневого шару деталі, яка попередньо була зміцнена згідно вимог експлуатації, що, у свою чергу, викликає зміни структури і знеміцнення поверхні деталі під дією температури [2, 6, 7].

Тому одночасна дія чинників зміцнення під дією сил різання і відпочинку за рахунок виникаючих контактних температур поверхні, що піддається шліфуванню, є формувальним елементом утворення фінальних величин шорсткості Ra і структурних змін поверхні, а, відтак, і таких фізичних характеристик як залишкові напруження, ступінь і глибина наклепаної зони.

Тому аналіз контактних температур у зоні обробки та визначення шляхів мінімізації температурного впливу при тонкому шліфуванні ельборовим інструментом складнолегованих композитних деталей друкарської техніки є актуальним завданням, що потребує виконання комплексу досліджень.

Мета роботи

Аналіз контактних температур у зоні тонкого ельборового шліфування нових антифрикційних композитних деталей, що виникають у процесі тонкої обробки поверхонь, а також встановлення взаємозв'язку між такими складниками інструменту з ельбору як матеріал зв'язки, матеріал і величина абразивного зерна, технологічними параметрами обробки та величинами миттєвих контактних температур, що виникають в зоні обробки.

Одержані результати дозволять мінімізувати температурний вплив через застосування раціонального ельборового інструменту для тонкої обробки антифрикційних композитів як ефективною альтернативи деталям з литих сплавів. Це забезпечить не тільки збільшення зносостійкості і довговічності



вузлів друкарського обладнання, але й сприятиме підвищенню якості друкарської продукції.

Результати проведених досліджень

В експериментах використовувались зразки з розроблених антифрикційних самозмащувальних композитів на основі утилізованих та регенерованих шліфувальних відходів складнолегованих сталей з домішками твердого мастила, наступного хімічного складу, мас. %: $P6AM5+(4-8)\%CaF_2, 8X4B2MFC2+(4-8)\%CaF_2$ [1, 12].

Експериментальні дослідження температурного поля при ельборовій обробці нових композитних деталей виконувались згідно з методикою, наведеною у [1, 2].

Особливим у експериментальних дослідженнях було те, що вони виконувались при зрізанні над-

тонких стружок, коли глибина шліфування перебуває у межах 0,05–0,005 мм.

Для встановлення раціональних режимів шліфування, що забезпечують отримання високих якісних характеристик поверхонь оброблення, визначено зв'язок значень появи миттєвих контактних температур залежно від технологічних параметрів обробки за умов фінішного плоского шліфування ельборовими кругами різного складу. Величини контактних температур приймалися як середні значення відносно ширини ельборового круга.

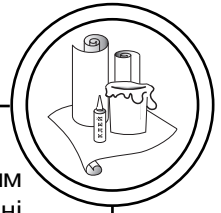
Ельборовий круг правився перед кожним вимірюванням температури, після чого зразки з досліджуваних композитів спочатку піддавались шліфуванню начисто, а потім здійснювалось виходжування за 4–5 проходів. Таким чином можна стверджувати, що всі застосовані ельборові інструмен-

Таблиця 1

Усереднені значення миттєвих контактних температур в умовах ельборового плоского шліфування зразків складу $P6AM5 + (4-8)\% CaF_2$ [12]

Глибина шліфування по лімбу верстата t_n , мм	Характеристика шліфувального круга		
	ЛОМ14Бр1 100 %	ЛПМ14Бр1 100 %	ЛОМ14К1 100 %
	T, °C		
0,005	114	122	143
0,01	153	171	219
0,02	196	202	342
0,03	222	383	478
0,05	284	506	612

Примітки: Верстат плоскошліфувальний FF-250 «Abawerk» (Німеччина); швидкість руху круга $V_{кр}$ — 22,0 м/с; швидкість обертання композитної деталі V_b — 2,0 м/хв; охолодження — 3 % водяним розчином емульсії соди з мінеральним мастилом.



ти, що використовувались у дослідженнях, мали аналогічний ступінь зношування (затуплення) зерен.

Виходячи з того, що, як відомо [9, 10], для абразивних зерен ельбору звичайної міцності ЛО характерним є їх набагато гостріша ріжуча кромка, ніж у зерен з електрокорунду білого 23А і монокорунду М, у всіх експериментах використовували шліфувальні інструменти з ельбору звичайної міцності ЛО та підвищеної міцності ЛП для отримання порівняльних даних саме для обраного типу різальних інструментів (табл. 1, 2).

Аналізуючи результати у табл. 1, 2, видно, що фінішне шліфування високолегованих композитів із застосуванням ельборового інструменту на еластичній бакелітно-гумовій зв'язці марки Бр1 за швидкості руху шліфувального круга 22,0 м/с та у інтервали

глибини різання $t_{\text{р}} = 0,03-0,005$ мм обумовлює виникнення в зоні оброблення мінімальних температур (113–300° С). Це сприяє виникненню найменших спотворень структури і, як наслідок, мінімізацію змін таких фізичних характеристик обробленої поверхні, як залишкові напруження, ступінь і глибина наклепаної зони.

Необхідно підкреслити, що застосування ельборового шліфувального інструменту на еластичній зв'язці Бр1 забезпечило мінімум виникаючих на поверхні температур і наслідків з цим пов'язаних, на відміну від значень виникаючих температур при використанні кругів такої ж зернистості і міцності (ЛО), але на керамічній зв'язці К1 (табл. 1, 2).

Це пояснюється тим, що бакелітно-гумова зв'язка більш еластична, ніж керамічна. Тому при застосуванні ельборових кругів на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1

Таблиця 2

Усереднені значення миттєвих контактних температур в умовах ельборового плоского шліфування зразків складу 8Х4В2МФС2 + (4–8)% CaF₂

Глибина шліфування по лімбу верстата $t_{\text{р}}$, мм	Характеристика шліфувального круга		
	ЛОМ14Бр1 100 %	ЛПМ14Бр1 100 %	ЛОМ14К1 100 %
	T, °C		
0,005	113	124	148
0,01	144	163	216
0,02	185	272	337
0,03	225	300	421
0,05	287	475	580

Примітки: Верстат плоскошліфувальний FF–250 «Abawerk» (Німеччина); швидкість руху круга $V_{\text{кр}}$ — 22,0 м/с; швидкість обертання композитної деталі $V_{\text{в}}$ — 2,0 м/хв; охолодження — 3 % водяним розчином емульсії соди з мінеральним мастилом.



сили різання, які утворюються при зрізанні шліфувальним кругом тонких мікростружок, забезпечують меншу глибину проникнення інструменту у поверхню обробки композиту. Через це змінюються умови різання — суттєво зменшується переріз мікростружки, що призводить до зменшення контактних температур та сприяє перерозподілу напружень у поверхневому шарі, при цьому поліпшуються умови формування геометрії поверхні із забезпеченням необхідних показників шорсткості Ra.

Важливими для практичного застосування є результати досліджень з раціонального обиравання ельборового круга з певним розміром ріжучого зерна.

Результати досліджень, наведених у працях [1, 2, 10, 11], переконливо показали, що найбільш ефективно шліфування нових композитних матеріалів забезпечують дрібнозернисті шліфувальні

круги з огляду на формування найкращої шорсткості поверхні.

За результатами виконаних експериментів виявлено формальні математичні залежності, що ілюструють безпосередній зв'язок між зернистістю абразивного круга і параметром шорсткості Ra [1, 2].

Тому наступним кроком було експериментальне визначення впливу зернистості ельборового круга на виникнення миттєвих контактних температур у зоні різання, що представлено у табл. 3.

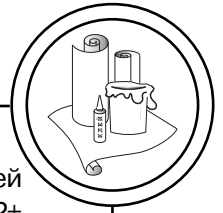
Виходячи з результатів, наведених у табл. 3, видно, що зменшення зернистості шліфувального круга (розміру зерна A) істотно, майже у 1,5–1,6 рази, знижує величини миттєвих контактних температур у зоні різання.

Слід зауважити, що у випадку обробки композитів з використанням кругів з ельбору підвищеної міцності ЛП спостерігається поява вищих температур у зоні

Таблиця 3
Миттєві контактні температури при тонкому плоскому ельборовому шліфуванні зразків з композитів залежно від зернистості круга

Розмір зерна A шліфувального круга, мкм	Матеріал зразків	
	P6AM5+(4-8)% CaF ₂	8X4B2MFC2+(4-8)%CaF ₂
T, °C		
50	270	282
28	220	212
20	160	143
14	115	113

Примітки: Верстат плоскошліфувальний FF-250 «Abawerk» (Німеччина); швидкість руху круга $V_{кр}$ — 22,0 м/с; швидкість обертання композитної деталі V_B — 2,0 м/хв; охолодження — 3 % водяним розчином емульсії соди з мінеральним мастилом, ельбор звичайної міцності ЛО; зв'язка круга — бакелітно-гумова Бр1.



різання на противагу використанню кругів звичайної міцності ЛО, навіть за умов однакової зернистості і матеріалу зв'язки кругів (табл. 1). Це може бути пояснено тим, що ельборові круги з більш міцними зернами ельбору марки ЛП поступово викришуються і частково руйнуються під дією сил різання через схильність ельбору марки ЛП до крихкості. Це призводить до накопичення у зоні шліфування додаткових сколотих і подрібнених фрагментів ельборових зерен, які починають приймати участь у процесі різання і, відповідно, впливають на збільшення миттєвих контактних температур.

Узагальнюючі отримані дані необхідно зробити висновок, що для максимального зниження виникаючих при шліфуванні температур на поверхні композитної деталі на основі шліфувальних відходів високолегованих сталей, найраціональнішим є застосування ельборового інструменту звичайної міцності ЛО із величиною зерен в діапазоні 14–20 мкм. Саме такі характеристики ельборових шліфувальних кругів здатні забезпечити мінімальні температурні значення в зонах обробки, і, як наслідок, мінімальні зміни вихідної структури і властивостей виробу.

Висновки

1. Вперше досліджено особливості виникнення миттєвих контактних температур при тонкому ельборовому шліфуванні самозмащувальних антифрикційних композитів, виготовлених на базі відновлених відходів шлі-

фування високолегованих сталей Р6АМ5+(4–8)%CaF₂ та 8Х4В2МФС2+(4–8)%CaF₂, які істотно впливають на властивості поверхневого шару деталі.

2. Виявлено, що на величини виникаючих в зоні обробки миттєвих контактних температур чинять істотний вплив наступні технологічні чинники: розмір абразивного ельборового зерна, параметри міцності ельборового інструменту, а також матеріал зв'язки круга.

3. Визначено, що для мінімізації температурного впливу на структуру і властивості робочих поверхонь композитних деталей для прецизійної обробки доцільно обирати ельборові шліфувальні круги звичайної міцності ЛО на еластичній зв'язці Бр1 із 100 %-ю концентрацією ельбору, що має зернистість в діапазоні 14–20 мкм, що стане передумовою забезпечення високих параметрів якості поверхонь.

4. Мінімальні значення температур у зоні оброблення, які не спричиняють зміни структури і зниження вихідних властивостей робочих поверхонь деталей, можуть бути забезпечені із застосуванням наступних технологічних параметрів фінішного ельборового шліфування: швидкість руху круга $V_{кр}$ — 22,0 м/с; швидкість обертання композитної деталі $V_{в}$ — 2,0 м/хв; охолодження у процесі шліфування — 3 % водяним розчином емульсії соди з мінеральним мастилом, які можуть бути рекомендовані для тонкої фінішної обробки деталей друкарського обладнання.



Список використаної літератури

1. П. О. Киричок. Прогресивні технології синтезу і тонкої обробки нових антифрикційних композитних деталей для вузлів друкарських машин: монографія / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Майстренко, В. Г. Олійник. ч. 1. К.: Видавничий дім «АртЕк», 2024. 268 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65033>.
2. А. П. Гавриш. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин: монографія / А. П. Гавриш, Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, П. О. Киричок, Ю. Ю. Віцюк, В. Г. Олійник. ч. 3. К.: Видавничий дім «АртЕк», 2021. 202 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41909>.
3. Роїк Т. А. Вплив режимів тонкого ельборового шліфування на шорсткість поверхонь самозмащувальних композитних деталей для друкарської техніки / Т. А. Роїк, А. О. Бровкин, О. П. Шостачук // Технологія і техніка друкарства. 2021. № 1(71). С. 51–61. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(71\).2021.238995](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(71).2021.238995).
4. Роїк Т. А. Підвищення якості робочих поверхонь самозмащувальних композитних деталей друкарської техніки тонким ельборовим шліфуванням / Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, А. О. Бровкин // Технологія і техніка друкарства. 2021. № 4(74). С. 63–78. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/253914/258520>.
5. Гавриш А. П. Дослідження шорсткості поверхні при магнітно-абразивній обробці деталей з магнітом'яких сплавів / А. П. Гавриш, О. В. Мельник // Вісник тернопільського державного технічного університету. 2008. Том 13. № 2. С. 1–5. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/161263537.pdf>.
6. А. П. Гавриш. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія / А. П. Гавриш, П. П. Мельничук. Житомир: Житомир. держ. технол. ун-т, 2004. 551 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.ukrbook.net/litopys/Knigki/2005/Lk_9_05.pdf.
7. А. П. Гавриш. Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія / А. П. Гавриш, П. П. Мельничук. Житомир: ЖДТУ, 2003. 652 с.
8. Основи теорії різання матеріалів [М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, А. І. Грабченко, В. Л. Доброскок, В. О. Залога, Ю. К. Новосолов, Ф. Я. Якубов, за ред. М. П. Мазура]. 3-є вид. перероб. і доп. Львів: Новий Світ, 2000, 2020. 471 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/Osnovy-teorii-rizan.mater.pdf>.
9. Абразивні матеріали. Енциклопедія Сучасної України [М. В. Новиков]. електрон. версія [веб-сайт] / гол. ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; ІНМ НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопед. досл. НАН України, 2006. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=42203.
10. Інструменти з надтвердих матеріалів. Енциклопедія Сучасної України [А. О. Шепелєв]. Електронний ресурс, ред. кол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2011. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-12376>.
11. Клименко С. А. Науково-технічні проблеми механічної обробки інструментами з надтвердих матеріалів: стан та перспективи (за матеріалами



наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 11 липня 2018 р.) / С. А. Клименко // Вісник Національної академії наук України. 2018. № 9. С. 45–52. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2018_9_7.

12. Спосіб отримання антифрикційного композиту на основі шліфувальних відходів швидкорізальної сталі: пат. 151985 Україна: МПК С22С 33/02 (2006.01) С22С 38/22 (2006.01) С22С 38/24 (2006.01) С22С 38/04 (2006.01) / Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк. Заявка № u202106574 від 22.11.2021. Опубл. 12.10.2022. Бюл. № 41. 4 с.

References

1. Kyrychok, P. O., Roik, T. A., Gavrysh, O. A., Maistrenko, Iu. Iu., & Oliynyk, V. G. (2024). *Prohresyvni tekhnolohii syntezy i tonkoi obrobky novykh antyfryktsiinykh kompozytnykh detalei dlia vuzliv drukarskykh mashyn [Advanced technologies for the synthesis and fine processing of new anti-friction composite parts for printing machine units]*, Part 1. Kyiv: ArtEk Publishing House, 268 p. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65033> [in Ukrainian].

2. Gavrysh, A. P., Kyrychok, P. O., Roik, T. A., Vitsyuk, Yu. Yu., & Oliynyk, V. G. (2019). *Shlifuvannia i dovodka znosostiikykh antyfryktsiinykh kompozytnykh detalei drukarskykh mashyn [Grinding and finishing of wear-resistant antifriction composite parts of printing machines]*, Part 2. Kyiv: ArtEk Publishing House, 132 p. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42300> [in Ukrainian].

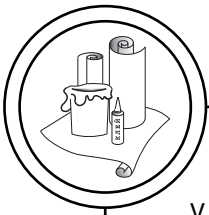
3. Roik, T. A., Brovyn, A. O., & Shostachuk, O. P. (2021). Vplyv rezhymiv tonkoho elborovoho shlifuvannia na shorstkist poverkhon samozmashchuvalnykh kompozytnykh detalei dlia drukarskoi tekhniki [Influence of fine elbor grinding modes on surface roughness of self-lubricating composite parts for printing equipment]. *Technology and Technique of Typography*, (1(71)), 51–61. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(71\).2021.238995](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(71).2021.238995) [in Ukrainian].

4. Roik, T. A., Gavrysh, O. A., Vitsiuk, Iu. Iu., & Brovyn, A. O. (2021). Pidvyshchennia yakosti robochykh poverkhon samozmashchuvalnykh kompozytnykh detalei drukarskoi tekhniki tonkym elborovym shlifuvanniam [Improving the quality of working surfaces of printing equipment's self-lubricating composite parts by fine elbor grinding]. *Technology and Technique of Typography*, (4(74)), 63–78. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/253914/258520> [in Ukrainian].

5. Gavrysh, A. P., & Melnik, O. V. (2008). Doslidzhennia shorstkosti poverkhni pry mahnitno-abrazyvni obrobtsi detalei z mahnitom'iakykh splaviv [Investigation of surface roughness during magnetic abrasive treatment of magnetically soft alloy parts]. *Bulletin of Ternopil State Technical University*, Vol. 13, 2, 1–5. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/161263537.pdf> [in Ukrainian].

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

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



8. Mazur, M. P., Vnukov, Y. M., Grabchenko, A. I., Dobrovskok, V. L., Zaloga, V. O., Novoselov, Y. K., & Yakubov, F. Y. (2020). *Osnovy teorii rizannia materialiv [Fundamentals of the cutting materials theory]*. Lviv: Novyi Svit, 2000, 471 p. Retrieved from <http://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/Osnovy-teorii-rizan.mater.pdf> [in Ukrainian].
9. Novikov, M. V. (2006). *Abrazyvni materialy. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy [Abrasive materials. Encyclopaedia of Modern Ukraine]*. Kyiv: Institute of Encyclopaedic Studies of the National Academy of Sciences of Ukraine. Retrieved from http://esu.com.ua/search_articles.php?id=42203 [in Ukrainian].
10. Shepelev, A. O. (2011). *Instrumenty z nadtverdykh materialiv. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy [Tools from superhard materials. Encyclopaedia of Modern Ukraine]*. Kyiv: Institute of Encyclopaedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine. Retrieved from <https://esu.com.ua/article-12376> [in Ukrainian].
11. Klymenko, S. A. (11 July 2018). Naukovo-tekhnichni problemy mekhanichnoi obrobky instrumentamy z nadtverdykh materialiv: stan ta perspektyvy (za materialamy naukovoï dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 11 lypnia 2018 r.) [Scientific and technical problems of machining with tools from superhard materials: state and prospects (based on the materials of a scientific report at the meeting of the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine on)]. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 45–52. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2018_9_7 [in Ukrainian].
12. Roik, T. A., Gavrysh, O. A., & Maistrenko, Iu. Iu. *Sposib otrymannia antyfryktsiinoho kompozytu na osnovi shlifivalnykh vidkhodiv shvydkorizalnoi stali [Method for producing an antifriction composite based on high-speed steel grinding waste]* // Patent 151985 Ukraine. Publish 12.10.2022 [in Ukrainian].

The article is devoted to the analysis of the features of instantaneous contact temperatures during fine elbor grinding of new antifriction self-lubricating composites synthesized based on re-generated high-alloy steels' grinding wastes with CaF_2 solid lubricant — $\text{R6AM5}+(4-8)\%\text{CaF}_2$ and $8\text{Kh4V2MFS2}+(4-8)\%\text{CaF}_2$.

Keywords: instantaneous contact temperatures; elbor tools; antifriction composites; grinding modes.

Надійшла до редакції 28.02.24