

*Дослідження температур при тонкому абразивному шліфуванні деталей з композитів на основі відходів інструментальних сталей / А. Гавриш, П. Киричок, Т. Роїк, Ю. Віцюк // Вісник ТНТУ. — 2013. — Том 69. — № 1. — С.125-130. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).*

УДК 621.822.1:621.7.09

**А. Гавриш, докт. техн. наук; П. Киричок, докт. техн. наук;  
Т. Роїк, докт. техн. наук; Ю. Віцюк, канд. техн. наук**

*Національний технічний університет України «КПІ»  
Видавничо-поліграфічний інститут*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ТОНКОМУ АБРАЗИВНОМУ ШЛІФУВАННІ ДЕТАЛЕЙ З КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ**

**Резюме.** *Наведено результати експериментального дослідження миттєвих контактних температур, які виникають на кінці різального леза абразивного зерна при тонкому шліфуванні деталей тертя, виготовлених з нових композиційних матеріалів на основі утилізованих шліфувальних регенованих відходів легованих інструментальних сталей 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5Х3В3МФС з домішками твердого мастила CaF<sub>2</sub>. Вивчено вплив складу абразиву та режимів різання на значення температур. Показано, що на температурне поле (миттєві контактні температури) при шліфуванні суттєво впливають матеріал абразивного зерна, зернистість інструменту та матеріал зв'язки шліфувального круга.*

*Доведено, що найвищі параметри якості робочих поверхонь деталей з нових композитів досягаються при використанні шліфувальних кругів на основі карбиду кремнію зеленого зернистістю 14 – 20 мкм на гліфталевій зв'язці.*

*Експерименти показали, що зменшення зернистості шліфувального круга у  $\approx 2,0 - 2,5$  рази знижує величину миттєвих контактних температур.*

*Мінімізація температурного поля в зоні оброблення для тонкого абразивного шліфування нових композитних сплавів на основі шліфувальних відходів інструментального виробництва відбувається при застосуванні дрібнозернистих абразивних інструментів.*

**Ключові слова:** *композитні сплави, миттєві контактні температури, абразивні інструменти, режими шліфування.*

**A. Gavrish, P. Kyrychok, T. Roik, Yu. Vitsuk**

## **TEMPERATURE INVESTIGATIONS OF FINE ABRASIVE GRINDING OF WORK PIECES COMPOSED ON THE TOOL STEELS WASTES BASE**

**Summary.** *The paper deals with the experimental results of instantaneous contact temperatures that occur at the end point of the abrasive grain cutting edge in the process of friction work pieces fine grinding. These work pieces are made of new composite materials based on utilized re-refined grinding wastes of 86Х6НФТ, 4ХМНФС and 5Х3В3МФС alloy tool steels with CaF<sub>2</sub> solid lubrication impurities. The influence of abrasive structure and cutting conditions on the temperature values is investigated. It is shown that the abrasive grain material, the tool grain size as well as the abrasive disc bond material significantly affect the temperature field (instantaneous contact temperatures) of grinding process.*

*It is proved that the best working surfaces quality parameters of the new composite work pieces are obtained when using the abrasive discs based on green silicon carbide with grain size of 14 – 20  $\mu\text{m}$  on glyptal bond.*

*The experiments have shown that the abrasive disc grain size reducing nearly in 2,0 – 2,5 times decreases the instantaneous contact temperature values.*

*In the fine abrasive grinding process of new alloys composed on the base of tool manufacturing grinding wastes the minimization of the machining zone temperature field is being performed when using fine-grain abrasive tools.*

*The contact working surfaces best quality parameters with regard to the friction pieces made from new composites can be obtained when using such fine grinding machining process cutting conditions as: speed of abrasive disc  $V_{ab.d.} = 22$  m/s, speed of piece  $V_p = 2$  m/min, depth of cutting  $t = 2 - 5$   $\mu\text{m}$ , cooling – 3 % soda emulsion solution.*

**Key words:** *composite alloys, momentary contact temperatures, abrasive tools, grinding parameters.*

**Вступ.** У сучасній техніці інтенсифікуються режими роботи обладнання, коли машини, їх вузли та деталі працюють у складних і навіть жорстких умовах експлуатації. Вузли компресорних станцій магістральних газогонів, деталі тертя двигунів високошвидкісної друкарської техніки та інше функціонують при температурах до 800°C, тисках у межах 5 – 8 МПа, швидкостях обертання до 600 об./хв в умовах дії агресивного середовища – повітря. Для цих цілей останнім часом науковці створили спеціальні матеріали, які синтезовані на базі шліфувальних відходів інструментального виробництва [1, 2].

Для забезпечення параметрів зносостійкості й довговічності деталей з нових композитних сплавів їх робочі поверхні (згідно з технологічними регламентами) формують надтонкими методами абразивного оброблення (тонке шліфування, магнітно-абразивна обробка, суперфінішна доводка, хонінгування).

В останні роки були виконані всебічні дослідження впливу на параметри шорсткості  $R_a$  поверхонь оброблення композитів складу абразивного інструменту та режимів різання при тонкому шліфуванні [3]. Достатньо детально вивчено закономірності утворення високоякісних поверхонь тертя магнітно-абразивним обробленням [4].

На жаль, досліджень температурних факторів тонкого абразивного шліфування досі не існує. Це є причиною того, що немає реальної можливості оптимізувати технологічні процеси тонкого абразивного шліфування поверхонь тертя деталей з нових композиційних сплавів. Адже відомо, що параметри якості поверхонь при шліфуванні формуються в умовах одночасної дії силового та температурного полів, що виникають при зрізуванні стружки загостреною вершиною кожного різального зерна абразивного інструменту [5 – 7]. Складові сил різання (силове поле) утворюють залишкові напруження у поверхневому шарі деталей, що обробляються. Одночасно виникають температури внаслідок пластичних деформацій зрізування стружки та тертя абразивного зерна в зоні шліфування. Ці миттєві контактні температури (температурне поле) зумовлюють процеси відпочинку шару металу, що попередньо був зміцненим. Накладання одночасних процесів зміцнення та відпочинку шару металу, що обробляється, зумовлює кінцеві значення параметрів шорсткості поверхні  $R_a$  та фізичних властивостей шару (залишкових напружень, глибини та ступеня наклепу, глибини залягання наклепу).

**Метою даної статті** є всебічне дослідження температурного поля у зоні тонкого абразивного шліфування нових композитних матеріалів, а також вивчення впливу складу абразивного інструменту (матеріал зерна, зернистість шліфувального круга, матеріал зв'язки) та режимів різання на рівень миттєвих контактних температур.

Експериментальні дослідження температурного поля при абразивній обробці нових композиційних сплавів виконувались згідно з методикою, наведеною у роботах [7].

Особливістю досліджень було те, що вони виконувались при зрізуванні надтонких перерізів стружки, коли глибина шліфування перебуває у межах 0,001 – 0,005 мм.

Для досліджень використовувались зразки з нових композиційних сплавів 86Х6НФТ + 5% CaF<sub>2</sub>, 4ХМНФС + 5%CaF<sub>2</sub> та 5ХЗВЗМФС + 5% CaF<sub>2</sub> [1, 2].

Для встановлення оптимальних режимів шліфування, що забезпечують отримання максимальної якості поверхні, були досліджені залежності величини миттєвої контактної температури, усередненої за шириною круга, від режимів різання при тонкому плоскому абразивному шліфуванні.

Слід особливо наголосити, що при проведенні досліджень перед кожним вимірюванням температур круг правився, потім деталь (зразок) шліфувалась начисто і виходжувалася протягом 3 – 5 проходів, тобто всі круги мали приблизно однаковий ступінь затуплення.

Враховуючи, що зерна карбіду кремнію зеленого (63С) мають найгострішу різальну кромку у порівнянні з зернами електрокорунду білого (23А) та монокорунду (М) [5], для всіх дослідів використовувались лише шліфувальні круги з карбіду кремнію зеленого (63С).

У табл. 1, 2 наведено результати експериментів з дослідження температурного поля (миттєвих контактних температур) при абразивному шліфуванні різних за властивостями композиційних сплавів.

**Таблиця 1**

Миттєві контактні температури (Т, °С) при шліфуванні зразків з 86Х6НФТ + 5 % CaF<sub>2</sub>

Глибина шліфування по лімбу верстата t <sub>л</sub> , мм	Характеристика шліфувального круга		
	63СМ14Гл	63СМ14К16	63СМ20К16
	Т, °С		
0,005	110	160	220
0,01	150	210	240
0,02	190	265	395
0,03	215	415	525
0,05	265	515	695

Примітка. Шліфувальний верстат FF – 250 “Abawerk” (ФРН); швидкість круга V<sub>к</sub> – 22 м/с; швидкість виробу V<sub>в</sub> – 2 м/хв; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

**Таблиця 2**

Миттєві контактні температури (Т, °С) при шліфуванні зразків з матеріалу 4ХМНФС + 5 % CaF<sub>2</sub>

Глибина шліфування по лімбу верстата t <sub>л</sub> , мм	Характеристика шліфувального круга		
	63СМ14Гл	63СМ14К16	63СМ20К16
	Т, °С		
0,005	85	365	535

0,01	115	195	615
0,02	155	225	820
0,03	175	380	965
0,05	265	495	-

Примітка. Шліфувальний верстат FF – 250 “Abawerk” (ФРН); швидкість круга  $V_k$  – 22 м/с; швидкість виробу  $V_v$  – 2 м/хв; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Аналіз табл. 1, 2 показує, що тонке шліфування нових композитних матеріалів абразивами з карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв’язці (Гл) при швидкості обертання шліфувального круга 22 м/с та глибинах шліфування 0,003 – 0,005 мм зумовлює виникнення в зоні оброблення мінімальних температур (100 – 260 °С). Це створює придатні умови для найменших спотворень фізичних властивостей поверхневого шару деталі (залишкових напружень, глибини та ступеня наклепу), з якого відбувається зрізування надтонких стружок.

Слід звернути увагу й на те, що використання абразивних інструментів на гліфталевій зв’язці (з точки зору температурного поля) дає кращі результати, ніж кругів на керамічній зв’язці. Поясненням цьому може бути знайдена саме у характеристиках зв’язки гліфталева зв’язка – найбільш еластична. Тому сили різання, які утворюються при зрізуванні стружки з поверхні оброблення, зменшують фактичну глибину врізування різального зерна у поверхневий шар деталі. Це, відповідно, змінює умови різання, а саме, суттєво зменшує переріз стружки, що й викликає зниження миттєвих контактних температур та сприяє перерозподілу тисків, одночасно покращуючи умови формування рельєфу поверхні оброблення з забезпеченням необхідних показників шорсткості  $R_a$ .

Дуже важливим для технологів-практиків є результати виконаних досліджень з оптимізації вибору зернистості абразивного інструменту. Попередніми експериментами було доведено, що шліфування нових композитних сплавів (з точки зору формування найкращої шорсткості поверхні) забезпечують дрібнозернисті шліфувальні круги [3].

Цими ж дослідженнями були встановлені аналітичні залежності між параметрами шорсткості поверхні  $R_a$  та розміром зерна абразивного інструменту [3].

Тому логічним і технічно обґрунтованим було вивчення впливу зернистості абразивного круга на миттєві контактні температури у зоні різання. Результати цього дослідження наведено у табл. 3.

**Таблиця 3**

Вплив розміру зерна А при тонкому плоскому шліфуванні зразків з нових композитів на основі відходів інструментальних сталей [1, 2] на миттєві контактні температури (Т, °С)

Розмір зерна А абразивного інструменту, мкм	Матеріал зразків		
	86Х6НФТ + %CaF <sub>2</sub>	4ХМНФС + %CaF <sub>2</sub>	5Х3В3МФС+5%CaF <sub>2</sub>
	Т, °С		
50	250	220	210
28	210	190	180
20	150	130	120
14	110	95	85

Примітка. Шліфувальний верстат FF – 250 “Abawerk” (ФРН); швидкість круга  $V_k$  – 22 м/с; швидкість виробу  $V_v$  – 2 м/хв; охолодження – 3% розчин содової емульсії, матеріал зерна абразиву – карбід кремнію зелений (63С); зв’язка круга – гліфталева (Гл).

Аналіз табл. 3 показує, що зменшення зернистості шліфувального круга (розміру зерна А) суттєво (майже у 2 – 2,5 раза) знижує значення миттєвих контактних температур  $T$ , °С [8, 9]. Це дозволяє зробити висновок, що з точки зору мінімізації температурного поля у зоні оброблення для тонкого абразивного шліфування нових композитних сплавів на основі шліфувальних відходів інструментального виробництва необхідно застосовувати дрібнозернисті інструменти з зернистістю у межах 14 – 20 мкм.

**Висновки.** Вперше досліджені закономірності утворення миттєвих контактних температур при абразивному обробленні нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5Х3В3МФС з домішками твердого мастила  $\text{CaF}_2$ . Показано, що на температурне поле (миттєві контактні температури) при шліфуванні суттєво впливають матеріал абразивного зерна, зернистість інструменту та матеріал зв'язки шліфувального круга. Доведено, що для формування високих параметрів якості поверхонь оброблення деталей з нових композитів необхідно застосовувати шліфувальні круги на основі карбіду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці з зернистістю у межах 14 – 20 мкм.

За температурними показниками найкращі результати отримано з використанням таких режимів тонкого абразивного шліфування: швидкість круга  $V_{\text{кр}} - 22$  м/с, швидкість виробу  $V_{\text{в}} - 2$  м/хв, глибина різання  $t - 2 \div 5$  мкм, охолодження – 3 % розчин содової емульсії.

**Conclusions.** For the first time there were researched the regularities of momentary contact temperatures formation at abrasive processing of new composite alloys which were produced on the base of utilized and refreshed grinding tool steels' wastes of 86Х6НФТ, 4ХМНФС та 5Х3В3МФС with solid lubricant  $\text{CaF}_2$  additives. It was shown the material of abrasive grains, graininess of tools and abrasive disc's material of bond essentially influence to the temperature field (momentary contact temperatures) at fine grinding process. It was demonstrated for formation of high quality parameters of new composites details' working surfaces it is necessary to apply the abrasive discs on the base of green silicon carbide (63С) with graininess 14 – 20  $\mu\text{m}$  on gliptal bond.

The best results have been obtained over the temperature characteristics with use such parameters of fine abrasive grinding: speed of abrasive disc  $V_{\text{ab.d.}} - 22$  m/s, speed of piece  $V_{\text{p.}} - 2$  m/min, depth of cutting  $t - 2 - 5$   $\mu\text{m}$ , cooling – 3 % soda emulsion solution.

### **Список використаної літератури**

1. Патент України № 60525, МПК G11B5/127 (2006.01). Спосіб фінішної обробки поверхонь циліндричних отворів підшипників ковзання з високолегованих композитів [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віщюк, Д.В. Острик, А.С. Макаров, опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
2. Патент України № 25627, С22С33/ 02. Підшипниковий композиційний матеріал на основі сталі [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, В.В. Холявко, Б.П. Зора, опубл. 10.08.07, Бюл. № 12.
3. Гавриш, А.П. Вплив абразивного інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні [Текст] / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віщюк // Технологія і техніка друкарства. – 2012. – № 3. – С. 70 – 76.

4. Ткачѐв, А.Г. Технология машиностроения [Текст] / А.Г. Ткачѐв, И.Н. Шубин // Издательство Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – 164 с.
5. Финишная обработка деталей сферической формы с наложением магнитных полей [Текст] / Л.Е. Сергеев, А.П. Ракомсин, М.И. Сидоренко, В.Е. Бабич // Технология машиностроения. – 2007. – № 12. – С. 25 – 27.
6. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації: монографія [Текст] / А.П. Гавриш, О.О. Мельник, Т.А. Роїк, М.Г. Аскеров, О.А. Гавриш. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 196 с.
7. Гавриш, А.П. Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія [Текст] / А.П. Гавриш, П.П. Мельничук. – Житомир: ЖДТУ. – 2003. – 652 с.
8. Патент України № 39827 МПК(2006), G11B5/127. Спосіб вимірювання миттєвих контактних температур у зоні магнітно-абразивної обробки [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк, О.А. Гавриш, опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.
9. Патент України № 39828 МПК(2006), G01K7/02, G11B5/127 Термопара [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк, О.А. Гавриш, опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.

*Отримано 15.01.2013*