

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.1

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, Ю.Ю. Віщюк

МИТТЄВІ КОНТАКТНІ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ ТОНКОМУ АЛМАЗНОМУ ШЛІФУВАННІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

The results of experimental researches of momentary contact temperatures which appear on the end of diamond grain' cutting edge at fine grinding of friction pieces of new composite materials on the base of utilized and regenerated grinding alloy tool steels' wastes of 86Х6НФТ, 5Х3В3МФС and 7ХГ2ВМФ with solid lubricant CaF_2 additives have been presented in this article. It was studied that the influence of abrasives composition and cutting parameters on temperatures value. It was shown the type grains material of diamond composition tool, granulosity of tools and abrasive disc's material of bond have essential influence on the temperature field at fine grinding process. It was demonstrated that the for formation of high quality parameters of working surfaces of details made from new composites it is necessary to apply the diamond discs on the base of synthetic diamonds with granulosity 14–20 μm on elastic bond. The experiments showed the decrease in $\sim 2,0$ – $2,5$ times of diamond disc granulosity reduces the momentary contact temperatures value. The minimization of temperature field in processing zone at fine diamond grinding of new composite alloys on the base of grinding wastes of tool steels takes place at using the fine-grain diamond tools.

Keywords: composite alloys, momentary contact temperatures, diamond 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. Так, вузли компресорних станцій магістральних газогонів, деталі тертя двигунів високошвидкісної друкарської техніки тощо функціонують за температур до 800°C , тисків у межах 5–8 МПа, швидкостей 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, 3].

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

За останні роки були виконані всебічні дослідження впливу на параметри шорсткості (R_a) поверхонь оброблення композитів складу абразивного інструмента й режимів різання при тонкому шліфуванні [4]. Достатньо детально вивчено закономірності утворення високоякісних поверхонь тертя магнітно-абразивним обробленням [5–7].

На жаль, всебічних досліджень температурних факторів тонкого алмазного шліфування новітніх композиційних матеріалів [1–3] досі

не існує. У нечисленних літературних джерелах вітчизняних [4, 7–11] та зарубіжних [5, 6] авторів, у яких наведені результати дослідження деяких аспектів, пов'язаних із технологічними процесами тонкого алмазного шліфування високолегованих композитів на основі інструментальних сталей, таких як параметри шорсткості, ступінь наклепу та глибина його залягання, основна увага концентрується на аналізі сил різання при обробці. Це є причиною того, що немає реальної можливості оптимізувати технологічні процеси тонкого алмазного шліфування поверхонь тертя деталей із нових композиційних сплавів. Адже відомо, що параметри якості поверхонь при шліфуванні формуються в умовах одночасної дії силового та температурного полів, які виникають при зрізанні стружки загостреною вершиною кожного ріжучого зерна шліфувального інструмента [7, 8]. Складові сил різання (силове поле) утворюють залишкові напруження в поверхневому шарі оброблюваних деталей. Одночасно виникають миттєві контактні температури внаслідок пластичних деформацій зрізання стружки та тертя абразивного зерна в зоні шліфування. Ці температури (температурне поле) зумовлюють процеси відпочинку шару металу, що попередньо був зміцненим. Накладання одночасних процесів зміцнення та відпочинку шару оброблюваного металу обумовлює кінцеві значення параметрів шорсткості поверхні R_a та фізичних властивостей шару (залишкових напружень, глибини та ступеня наклепу, глибини залягання наклепу).

Постановка задачі

Метою роботи є всебічне дослідження температурного поля в зоні тонкого алмазного шліфування нових композитних матеріалів, а також вивчення впливу складу алмазного інструмента (матеріалу зерна, зернистості шліфувального круга, матеріалу зв'язки) та режимів різання на рівень миттєвих контактних температур.

Задачами дослідження були такі:

1) дослідити закономірності утворення контактних температур при тонкому алмазному шліфуванні нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих і регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 86Х6НФТ, 5Х3В3МФС і 7ХГ2ВМФ з домішками твердого мастила CaF_2 ;

2) з'ясувати, які параметри структури алмазного шліфувального круга (марка алмазу, зернистість, тип зв'язки інструмента) істотно впливають на температурне поле при тонкому алмазному шліфуванні нових композитів;

3) встановити рекомендації щодо вибору для оброблення поверхонь деталей тертя, виготовлених із нових високолегованих і важкооброблюваних композиційних сплавів;

4) дати рекомендації для промисловості по вибору режимів тонкого алмазного шліфування нових композитів з оптимізацією температурних показників, що виникають на вершині алмазного зерна при обробленні.

Матеріали і результати досліджень

Експериментальні дослідження температурного поля при алмазній обробці нових композиційних сплавів виконувались згідно з методикою, наведеною у працях [4, 7, 8].

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

Для досліджень використовувались зразки з нових композиційних сплавів 86Х6НФТ + 5 % CaF_2 , 5Х3В3МФС + 5 % CaF_2 і 7ХГ2ВМФ + 5 % CaF_2 [1–3].

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 алмазному шліфуванні.

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

Підкреслимо: з урахуванням того, що зерна алмазу синтетичного (АС) мають найгострішу ріжучу кромку порівняно із зернами карбиду кремнію зеленого (63С), електрокорунду білого (23А) та монокорунду (М) [9–11], для всіх дослідів використовувались лише шліфувальні круги із АС.

Таблиця 1. Миттєві контактні температури при шліфуванні зразків з матеріалу 86Х6НФТ + 5 % CaF_2

Глибина шліфування по лімбу верстата, мм	Характеристика шліфувального круга		
	АСМ14Бр1 100%	АСМ14М1 100 %	АС5Бр1 100 %
	$T, ^\circ\text{C}$		
0,005	70	85	110
0,01	110	130	150
0,02	150	180	290
0,03	175	260	370
0,05	220	380	455

Таблиця 2. Миттєві контактні температури при шліфуванні зразків з матеріалу 5Х3В3МФС + 5 % CaF_2

Глибина шліфування по лімбу верстата, мм	Характеристика шліфувального круга		
	АСМ14Бр1 100%	АСМ14М1 100 %	АС5Бр1 100 %
	$T, ^\circ\text{C}$		
0,005	85	115	135
0,01	115	170	205
0,02	155	195	310
0,03	175	275	485
0,05	265	400	610

Таблиця 3. Миттєві контактні температури при шліфуванні зразків з матеріалу 7ХГ2ВМФ + 5 % CaF_2

Глибина шліфування по лімбу верстата, мм	Характеристика шліфувального круга		
	АСМ14Бр1 100%	АСМ14М1 100 %	АС5Бр1 10 0 %
	$T, ^\circ\text{C}$		
0,005	105	130	165
0,01	130	170	215
0,02	185	235	340
0,03	230	310	495
0,05	350	395	630

У табл. 1–3 наведені результати експериментів з дослідження температурного поля (миттєвих контактних температур (T)) при алмазному шліфуванні різних за властивостями композиційних сплавів (шліфувальний верстат FF-250 "Abawerk" (ФРН); швидкість круга (V_k) – 25 м/с; швидкість виробу (V_v) – 2 м/хв.; охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії).

Аналіз табл. 1–3 показує, що тонке шліфування нових композитних матеріалів кругами з АС на бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1) за швидкості обертання шліфувального круга 25 м/с і глибин 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 зрізання надтонких стружок.

Слід звернути увагу і на те, що використання алмазних кругів на еластичній зв'язці Бр1 (з точки зору температурного поля) дає кращі результати, ніж кругів на металевій зв'язці М1. Пояснення цьому може бути знайдено саме в характеристиках зв'язки: бакелітно-гумова зв'язка найбільш еластична. Тому сили різання, які утворюються при зрізанні стружки з поверхні оброблення, зменшують фактичну глибину врізання ріжучого зерна в поверхневий шар деталі. Це, відповідно, змінює умови різання, а саме істотно зменшує переріз стружки, що й викликає зниження миттєвих контактних температур і сприяє перерозподілу тисків, одночасно покращуючи умови формування рельєфу поверхні оброблення із забезпеченням необхідних показників шорсткості R_a .

Дуже важливим для технологів-практиків є результати виконаних досліджень з оптимізації вибору зернистості алмазного інструмента. Попередніми експериментами було доведено, що шліфування нових композитних сплавів з точки зору формування найкращої шорсткості поверхні забезпечують дрібнозернисті шліфувальні круги [4].

Тому логічним і технічно обґрунтованим було вивчення впливу зернистості алмазного круга на миттєві контактні температури в зоні різання. Результати цього дослідження наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Вплив розміру зерна A при тонкому плоскому шліфуванні зразків із нових композитів на основі відходів інструментальних сталей [1–3] на миттєві контактні температури

Розмір зерна A алмазного інструмента, мкм	Матеріал зразків		
	86Х6НФТ + + 5 % CaF ₂	7ХГ2ВМФ + + 5 % CaF ₂	5Х3В3МФС + + 5 % CaF ₂
	T , °С		
50	110	165	135
28	100	150	120
20	90	135	105
14	70	105	85

Примітка. Шліфувальний верстат FF-250 "Abawerk" (ФРН); $V_k = 25$ м/с; $V_v = 2$ м/хв; глибина різання – 0,005 мкм; охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії, матеріал зерна круга – АС; зв'язка круга – Бр1.

Аналіз табл. 4 показує, що зменшення зернистості шліфувального круга (розміру зерна A) істотно (майже у 1,5–1,6 разу) знижує значення миттєвих контактних температур. Це дає можливість зробити висновок, що з точки зору мінімізації температурного поля в зоні оброблення для тонкого алмазного шліфування нових композитних сплавів на основі шліфувальних відходів інструментального виробництва необхідно застосовувати дрібнозернисті інструменти із зернистістю в межах 14–20 мкм.

Висновки

Уперше досліджені закономірності утворення миттєвих контактних температур при алмазному обробленні нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих і регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 86Х6НФТ, 7ХГ2ВМФ і 5Х3В3МФС з домішками твердого мастила CaF₂.

Показано, що на температурне поле (миттєві контактні температури) при шліфуванні істотно впливають матеріал алмазного зерна, зернистість інструмента і матеріал зв'язки шліфувального круга.

Доведено, що для формування високих параметрів якості поверхонь оброблення деталей із нових композитів необхідно застосовувати шліфувальні круги на основі синтетичного алмазу на бакелітно-гумовій зв'язці із зернистістю в межах 14–20 мкм.

За температурними показниками найкращі результати отримані з використанням таких ре-

жимів тонкого алмазного шліфування: $V_{кр} = 25$ м/с, $V_b = 2$ м/хв, глибина різання – 2–5 мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення впливу миттєвих контактних температур, що виникають при тонкому абразивному шліфуванні кругами з монокорунду і карбїду кремнію зеленого робочих поверхонь нових композиційних деталей тертя на основі металевих шламових відходів, а також на виявлення

особливостей формування параметрів якості при абразивному шліфуванні з порівнянням їх величин при алмазному шліфуванні (шорсткість поверхонь, величина наклепу, мікротвердість) робочих контактних поверхонь нових деталей тертя для друкарських машин. Це надасть можливість цілеспрямовано вибирати технологічні режими фінішної обробки робочих поверхонь деталей тертя залежно від вимог виробника до їх якості.

1. *Підшипниковий* композиційний матеріал на основі інструментальної сталі: Пат. України № 60522, МПК С22С33/02 (2006.01) / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок та ін. – Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
2. *Підшипниковий* композиційний матеріал на основі сталі: Пат. України № 25627, С22С33/02 / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, В.В. Холявко, Б.П. Зора. – Опубл. 10.08.07, Бюл. № 12.
3. *Антифрикційний* композиційний матеріал на основі інструментальної сталі: Пат. України № 102299, С22С33/02 / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщук. – Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12.
4. *Вплив* складу інструменту і режимів тонкого алмазного шліфування на шорсткість поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віщук // Наукові Вісті НТУУ “КПІ”. – 2013. – № 5. – С. 80–86.
5. *Ткачев А.Г. Шубин И.Н.* Технология машиностроения. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 164 с.
6. *M Cocks*, “The effect of compressive and smearing forces on the film present in metallic contacts”, Aircraft Production, vol. 2, no. 4, pp. 42–59, 2013.
7. *Нові* технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації: Монографія / А.П. Гавриш, О.О. Мельник, Т.А. Роїк та ін. – К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 196 с.
8. *Гавриш А.П., Мельничук П.П.* Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 652 с.
9. *Основи* теорії різання матеріалів: Підручник / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок та ін.; за заг. ред. М.П. Мазура. – Львів: Новий світ, 2010. – 423 с.
10. *Сверхтвердые* материалы. Получение и применение: Монография в 6 т. / Под общ. ред. 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.
11. *Лавриненко В.І., Новіков М.В.* Надтверді абразивні матеріали в механообробі: Енциклоп. довідник / За заг. ред. акад. НАН України М.В. Новікова. – К.: Вид-во ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.

Рекомендована Радою
Видавничо-поліграфічного інституту
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
15 липня 2013 року