

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.1

DOI: 10.20535/1810-0546.2016.5.70519

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.І. Хмілярчук, О.С. Хлус
НТУУ “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

ПАРАМЕТРИ НАКЛЕПУ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН ЗІ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ ПРИ ТОНКОМУ КУБАНІТОВОМУ ШЛІФУВАННІ

Background. The study on the technological process of thin cubanite abrasive grinding of wear-resistant composite parts, synthesized on the base of utilized and regenerated industrial wastes of nickel alloys ХН55ВМТКЮ, ХН50ВТФКЮ, ЭП975 with additions of hard lubricant CaF₂ has been carried out.

Objective. The purpose of the work is the experimental research of surface cold-work strengthening parameters by thin cubanite grinding of friction parts made of new composite materials based on nickel and identification of influence on surface cold-work strengthening parameters of part surface roughness of the cubanite instrument, its bond type, and cutting modes.

Methods. Surface treatment of printing machines wear-resistant parts based on nickel on precision grinding machine with cubanite grinding instruments with granularity 14–20 μm on Br1 bakelite resin bond at 100 % concentration of cubanite and application of thin cutting modes.

Results. It was demonstrated that granularity, the cubanite disc bond material and parameters of thin cubanite grinding essentially influence surface cold-work strengthening parameters of the machining area. The cubanite grinding discs with granularity 14–20 μm on bakelite resin bond at 100 % concentration of cubanite provide the best performance of surface cold-work strengthening level, deterioration of the second type and the surface cold-work strengthening depth that meet the high requirements at work surfaces of friction parts for printing machines.

Conclusions. It was demonstrated, that the formation of high quality friction surface parts, made of new composite materials based on nickel essentially depends on the composition of cubanite instrument (granularity, bond type), and cutting modes. The recommendations on the production were developed.

Keywords: new composite materials; instrument; friction parts; parameters of surface cold-work strengthening; cubanite discs; granulosity; bond type; thin cubanite grinding; cutting modes.

Вступ

Розвиток сучасної техніки вимагає забезпечення високих параметрів надійності, працездатності та зносостійкості машин, їх вузлів і деталей у широкому спектрі умов експлуатації від нормальних до екстремальних (швидкості обертання до 1–5 м/с, тиски 3–8 МПа). Одним із поширених видів деталей, що експлуатуються в таких умовах, є підшипники ковзання високошвидкісних машин поліграфічної техніки, зокрема ротативних апаратів типу КВА “Rapida–105”, деталей вузлів тертя газогінних станцій, компресорів магістральних газогонів тощо.

Створення нових композиційних підшипникових матеріалів для важких умов експлуатації [1–3] з широким використанням як основи для них утилізованих і регенованих відходів високолегованих нікелевих сплавів переконливо довело наявність стабільно високих триботехнічних властивостей цих композитів [2–7].

Відомості про технологічні засади виготовлення та прецизійної механічної обробки нових композитних підшипників детально на-

ведені у працях [4–7]. Цими дослідженнями було доведено, що на строки служби підшипників ковзання з нових композитів впливають показники якості поверхонь оброблення, а саме параметр шорсткості поверхонь R_a та властивості поверхневого шару, з якого шліфувальним інструментом здійснюється зрізання тонких стружок. З цієї точки зору ставились задачі досягнення характеристик мінімальної шорсткості R_a поверхонь оброблення, яка є передумовою високих функціональних властивостей підшипників. З цією метою були створені технологічні процеси, де фінішна абразивна обробка здійснювалась із застосуванням методів тонкого абразивного шліфування, а також методів магнітно-абразивного оброблення [8, 9].

На сьогодні в сучасному машинобудівному виробництві широко застосовуються шліфувальні інструменти з кубанітів, які були створені на основі кубічного нітриду бору (КНБ) ученими Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України [10] і які рекомендовані для надтонкої фінішної обробки поверхонь деталей тертя, що виготовлені з високолегованих та важ-

кооброблюваних матеріалів. Таким матеріалами є нові композитні сплави, у складі яких лігатурами є вольфрам, молібден, ванадій, цирконій та нікель. Саме це дає змогу забезпечити високі вимоги до зносостійкості деталей тертя, що працюють у важких умовах експлуатації.

На жаль, досліджень одного з найважливіших параметрів якості обробленої поверхні, яким є фізичні властивості тонкого поверхневого шару після тонкого кубанітового шліфування, а саме інформації про знак і рівень залишкових напружень у зоні оброблення, глибини та ступеня наклепу, практично немає.

Вказані обставини зумовили необхідність детального вивчення властивостей тонкого поверхневого шару після кубанітової обробки робочих поверхонь нових підшипників ковзання для друкарських машин. Виконання дослідів у цьому напрямі дає можливість науково обґрунтовано підходити до створення технології тонкого кубанітового шліфування, а відтак призначати (залежно від складу того чи іншого композитного матеріалу) оптимальні режими різання.

Постановка задачі

Метою роботи є всебічне дослідження параметрів якості поверхонь і встановлення науково обґрунтованих режимів тонкого кубанітового шліфування робочих поверхонь підшипників ковзання з нових композитних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих відходів виробництва деталей із нікелевих сплавів у радіотехнічній, електронній, аерокосмічній галузях промисловості, і, зокрема, з композитів на основі нікелю ХН55ВМТКЮ, ХН50ВТФКЮ, ЭП975 з домішками твердого мастила CaF_2 . Ці режими різання повинні забезпечити відповідні параметри якості прошліфованих поверхонь та необхідний рівень експлуатаційних властивостей вузлів тертя високообертового друкарського обладнання, що має надважливе значення при дії екстремальних умов тертя і його стабілізації технологічними заходами [11].

Матеріали і результати досліджень

Методика вивчення фізичних властивостей поверхневого шару зразків наведена у працях [8, 9–12].

Слід підкреслити, що у всіх експериментах використовувались зразки з нових компо-

зитних матеріалів ХН55ВМТКЮ + 5 % CaF_2 , ХН50ВТФКЮ + 5 % CaF_2 та ЭП975 + 5 % CaF_2 [2–7].

Зазначимо, що фізичні властивості поверхневого шару деталей із нових композитів, а саме глибина та ступінь наклепу, спотворення II-го роду, знак і величина залишкових напружень, цілком залежать від взаємодії силового і температурного полів [8, 9, 12].

Було враховано попередньо отримані авторами результати досліджень сил і миттєвих контактних температур [13], що виникають і одночасно діють на вершині кубанітового зерна шліфувального круга при зрізанні тонких стружок з поверхні оброблення. При цьому сили різання спричиняють зміцнення тонкого поверхневого шару, в той час як миттєві контактні температури сприяють відпочинку зміцненої від дії сил різання поверхні. Як наслідок, формуються кінцеві значення параметрів якості поверхні оброблення. У [12] було спрогнозовано, що при раціональному підборі режимів шліфування у майбутньому можливо буде виконувати обробку так, що відпочинок поверхневого шару від дії температур буде здатен повністю усунути зміцнення від сил різання.

Отже, технологічні дослідження впливу режимів різання при тонкому кубанітовому шліфуванні на фізичні властивості поверхневого шару деталей із нових композитів є актуальним, а отримані результати дадуть змогу створити умови, коли призначення відповідних режимів різання уможливить максимальне збереження вихідних властивостей матеріалу, з якого виготовлено деталі тертя. Це своєю чергою забезпечить відповідне зменшення зносу при терті поверхонь підшипників ковзання, значно підвищить строк служби деталі та друкарської машини в цілому, зокрема офсетної друкарської машини КВА “Rapida–105” та іншого поліграфічного обладнання.

Результати експериментальних досліджень параметрів зміцнення поверхневого шару при тонкому кубанітовому шліфуванні зразків із нових підшипникових матеріалів наведені у табл. 1–5 ($\Delta a/a$ – спотворення II-го роду, H_d – мікротвердість деталі за Віккерсом, K – ступінь наклепу (H_d/H_3), H_3 – мікротвердість зразка за Віккерсом, $V_{кр}$ – швидкість круга, v_B – швидкість виробу, t – глибина різання).

Таблиця 1. Залежність наклепу від матеріалу зв'язки круга при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву ХН55ВМТКЮ + 5 % CaF₂

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Зв'язка інструмента	Параметри наклепу		
			$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H_d , МПа	K
КНБ 5К1 100 %	50	Керамічна	23–24	4350	1,17
КНБ 5М1 100 %	50	Металева	21–23	4450	1,18
КНБ 5Бр1 100 %	50	Бакелітно-гумова	20–21	4310	1,15
КНБ 5Бр2 100 %	50	Бакелітно-гумова	21–22	4380	1,18
КНБ М28К1 100 %	28	Керамічна	20–21	4050	1,12
КНБ М28Бр1 100 %	28	Бакелітно-гумова	18–19	3970	1,10
КНБ М14К1 100 %	14	Керамічна	15–16	3900	1,07
КНБ М14Бр1 100 %	14	Бакелітно-гумова	13–14	3780	1,05
КНБ М14М1 100 %	14	Металева	16–17	3850	1,06
КНБ М10К1 100 %	10	Керамічна	14–16	3750	1,03
КНБ М10Бр1 100 %	10	Бакелітно-гумова	11–13	3670	1,01

Примітки. Показники наклепу зразків без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$, $H_3 = 3610$ МПа; шліфувальні круги з КНБ на керамічній (К1), металевій (М1) та бакелітно-гумовій (Бр1, Бр2) зв'язках зі 100 %-ною концентрацією кубаніту; режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 "Abawerk" (ФРН), $V_{кр} = 25$ м/с, $v_b = 1$ м/хв, $t = 1$ мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

Таблиця 2. Залежність наклепу при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву ХН50ВТФКЮ + 5 % CaF₂ крупнозернистими кругами

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Параметри наклепу			Охолодження при обробці
		$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H_d , МПа	K	
КНБ10Бр1 100 %	100	21–22	4300	1,20	Емульсія
КНБ 5Бр2 100 %	50	19,5–20	4270	1,14	Емульсія
КНБ 5Бр1 100 %	50	18,5–19	4210	1,13	Емульсія
КНБ 5М1 100 %	50	20–21	4120	1,14	Емульсія
КНБ 5К1 100 %	50	20,5–22	4100	1,14	Емульсія
КНБ 5К1 100 %	50	21,5–22	4200	1,17	Без охолодження
КНБ 5М1 100 %	50	21–22	4270	1,18	Без охолодження
63С10Гл	100	23,7–24	5400	1,50	Емульсія

Примітки. Показники наклепу зразків без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$, $H_3 = 3650$ МПа; шліфувальні круги з КНБ на керамічній (К1), металевій (М1) та бакелітно-гумовій (Бр1) зв'язках зі 100 %-ною концентрацією кубаніту. Для порівняння – круг 63С10Гл із карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевої зв'язці (Гл). Режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 "Abawerk" (ФРН), $V_{кр} = 25$ м/с, $v_b = 1$ м/хв, $t = 1$ мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

Аналіз даних табл. 1–5 показав, що при визначенні залежностей утворення наклепу при тонкому шліфуванні деталей із нових композитних матеріалів має місце така закономірність: обробка кругами на еластичних зв'язках забезпечує менший наклеп, ніж обробка на жорсткій керамічній (К1) та металевій (М1) зв'язках: спотворення II-го роду, мікротвердість та ступінь наклепу більші при застосуванні шліфувальних інструментів на жорстких зв'язках. Це є характерним для всіх досліджуваних композитних сплавів, синтезованих із відходів нікелевих сплавів. Також слід відзначити схожість цієї залежності при застосуванні як крупно-, так і дрібнозернистих шліфувальних інструментів.

Це можна пояснити властивостями бакелітно-гумової зв'язки, а саме її меншою жорсткістю, більшою еластичністю порівняно, наприклад, з металеву зв'язкою. Внаслідок цього під час зрізання стружки з поверхні досліджуваного зразка на ріжучому лезі кубанітового зерна виникає відповідна сила різання, яка залежить від технологічних режимів різання [14]. Ця сила деформує шар матеріалу і зумовлює утворення в ньому різних дефектів (наклепу, спотворень II-го роду, залишкових напружень). При цьому саме завдяки еластичності бакелітно-гумової зв'язки сили різання перерозподіляються і демпфують ріжуче зерно в тіло шліфувального круга. Це зменшує фактичну глиби-

ну шліфування і, відповідно, складові сили шліфування, які своєю чергою зумовлюють зменшення параметрів наклепу.

При тонкому кубанітовому шліфуванні деталей тертя з нових композитних сплавів виявлено залежність параметрів наклепу від структури, на основі якої формується шліфувальний інструмент.

Експериментально доведено, що мінімальні спотворення II-го роду, мікротвердість і ступінь наклепу поверхневого шару забезпечує застосування шліфувальних кругів із зернами мінімальних розмірів.

Найбільш чітко це проявляється при тонкому кубанітовому шліфуванні крупнозернистими інструментами (див. табл. 2), хоча така ж залежність існує і для випадку шліфування дрібнозернистими кругами (див. табл. 3).

Узагальнюючи всю сукупність експериментальних даних як для крупно-, так і для дрібно-

нозернистих інструментів, необхідно зробити загальний висновок про зменшення наклепу при тонкому шліфуванні кубанітовими кругами для всієї гама досліджених нових композитних матеріалів на основі нікелю. Зменшення наклепу можна пояснити більш гострою формою ріжучого леза кожного окремого зерна кубаніту та більшою міцністю цих зерен, здатних при шліфуванні сприймати та передавати деформованим мікрооб'ємам металу (в процесі зрізання стружки) менші навантаження, ніж зерна електрокорунду білого (23А) і карбиду кремнію зеленого (63С). Ці висновки повністю збігаються з висновками, що отримані при дослідженні силового поля при тонкому абразивному шліфуванні нових композитних сплавів, зокрема зі значеннями питомих складових сил шліфування (P_x , P_y , P_z), які припадають на кожне поодинокі ріжуче зерно, що знахо-

Таблиця 3. Залежність наклепу від матеріалу зерен при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву ЭП975 + 5 % CaF₂ дрібнозернистими кругами

Абразивний інструмент	Параметри наклепу			Охолодження при обробці
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H_d , МПа	K	
КНБМ28БР1 100 %	16,5–17,5	3870	1,07	Емульсія
КНБМ28БР1 100 %	17–18	3910	1,08	Без охолодження
КНБМ20БР1 100 %	15–16,5	3810	1,05	Емульсія
КНБМ14БР1 100 %	12–14	3710	1,03	Емульсія
КНБМ10БР1 100 %	10–12	3650	1,01	Емульсія
КНБМ10БР1 100 %	11–11,5	3720	1,03	Без охолодження
КНБМ7БР1 100 %	10,5–11	3680	1,02	Емульсія
КНБМ7БР1 100 %	11,5–12,5	3700	1,03	Без охолодження
63СМ14Гл	23–23,5	4140	1,15	Емульсія

Примітки. Показники наклепу зразків без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$, $H_3 = 3580$ МПа; шліфувальні круги з КНБ на бакелітно-гумовій (Бр1) зв'язці зі 100 %-ною концентрацією кубаніту. Для порівняння – круг 63СМ14Гл із карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл). Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 “Abawerk” (ФРН), $V_{кр} = 25$ м/с, $v_B = 1$ м/хв, $t = 1$ мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

Таблиця 4. Залежність ступеня наклепу K від зернистості при кубанітовому шліфуванні зразків з досліджуваними кругами на еластичній бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1)

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Матеріал композитних зв'язків		
		ЭП975 + 5 % CaF ₂	ХН55ВМТКЮ + 5 % CaF ₂	ХН50ВТФКЮ + 5 % CaF ₂
		K		
КНБ10БР1 100 %	100	1,20	1,21	1,20
КНБ 5БР1 100 %	50	1,14	1,15	1,13
КНБМ28БР1 100 %	28	1,07	1,10	1,11
КНБМ20БР1 100 %	20	1,05	1,08	1,09
КНБМ14БР1 100 %	14	1,03	1,05	1,07
КНБМ7БР1 100 %	7	1,02	1,01	1,03

Примітки. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 “Abawerk” (ФРН), $V_{кр} = 25$ м/с, $v_B = 1$ м/хв, $t = 1$ мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

диться у шарі оброблення і зрізає тонку стружку з перерізом a_z .

Аналіз даних табл. 4, 5 показує, що існує фактичний зв'язок між параметрами наклепу та зернистістю інструмента. Незалежно від виду кубанітового інструмента зі зменшенням його зернистості (від 100 до 7 мкм) параметри наклепу зменшуються. Мінімальний наклеп забезпечує шліфування кругами зернистістю 14 мкм на основі КНБ на бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1) зі 100 %-ною концентрацією кубаніту (КНБМ14 100 %). Підвищення ступеня наклепу зі збільшенням розміру зерна пояснюється істотним збільшенням силової дії на мікрооб'єм металу, у зв'язку з чим зростає ступінь пластичної деформації.

Необхідно зазначити, що зроблені висновки про закономірності утворення наклепу підтверджуються різними фізичними методами вимірювання (рентгеноструктурним аналізом, металографією, індукційним зондуванням поверх-

ні оброблення). Це свідчить про наявність внутрішнього зв'язку між різними параметрами наклепу та підтверджує достовірність результатів досліджень.

У нашій роботі не ставилась задача отримання кореляційних моделей зв'язку між різними досліджуваними параметрами. Проте слід звернути увагу на те, що в більшості випадків параметри наклепу менші при шліфуванні з охолодженням змащувально-охолоджувальною рідиною, ніж при різанні без охолодження. Це пояснюється більшим впливом миттєвих контактних температур при зрізанні стружки. Але питання застосування охолоджувальної рідини при тонкому шліфуванні нових композитних сплавів має вирішуватись у комплексному поєднанні з призначенням режимів різання, які також повинні забезпечити мінімальну шорсткість поверхні оброблення нових високошвидкісних підшипників [14], що є важливим показником якості й суттєво впливає на пара-

Таблиця 5. Параметри наклепу на різних рівнях наклепаної зони при кубанітовому шліфуванні зразків із композитного сплаву ХН55ВМТКЮ + 5 % CaF₂

Вид обробки, тип круга	Глибина шару вимірювання, мкм							
	1		3		5		10	
	Параметри наклепу							
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K
Без охолодження, КНБ10БР1 100 %	23–24	1,30	21,5–22	1,26	20,5	1,20	18–19	1,12
3 охолодженням, КНБ10БР1 100 %	21,5–22	1,25	19,5–21	1,24	19,5–20	1,17	16–17	1,13
3 охолодженням, КНБМ28БР1 100 %	18–19	1,10	17–17,5	1,08	15–16	1,06	15–16	1,01
Без охолодження, КНБМ28БР1 100 %	18–19	1,10	18–18,5	1,07	15,5–16,5	1,07	15,5–16,5	1,02
3 охолодженням, КНБМ20БР1 100 %	16,5–17	1,07	15,5–16	1,06	14	1,04	13	1,01
3 охолодженням, КНБМ14БР1 100 %	13–14	1,05	12–12,5	1,04	11–12	1,03	9–10	1,01
Без охолодження, КНБМ14БР1 100 %	12–13,5	1,03	12,5–13	1,04	11,5–12,5	1,04	9,5–10,5	1,01
3 охолодженням, КНБМ10БР1 100 %	11–13	1,01	9–10	1,03	8–9	1,02	7–8	1,01
Без охолодження, КНБМ10БР1 100 %	11,5–13,5	1,02	11–11,5	1,02	8,5–9,5	1,03	7,5–8,5	1,01
3 охолодженням, КНБМ7БР1 100 %	10–10,5	1,01	9,5–10,5	1,01	9,0–9,1	1,01	5,5–6	1,01

Примітки. Показники наклепу зразка: $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$, $H_3 = 3610$ МПа; шліфувальні круги з КНБ на бакелітно-гумовій (Бр1) зв'язці зі 100 %-ною концентрацією кубаніту; режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 "Abawerk" (ФРН), $V_{кр} = 25$ м/с, $v_B = 1$ м/хв, $t = 1$ мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

метри зношування при їх роботі і довговічність відповідних вузлів. Це стосується, зокрема, ротаційних поліграфічних машин типу КВА “Rapida–105”, а також “Rapida –6+L–NN–L”, “Rapida – 75–4” (ФРН) та іншої високошвидкісної друкарської техніки.

Аналіз табл. 5 показує, що глибина наклепаної зони залежить від зернистості інструмента і зменшується від 20 мкм (при розмірі зерна 50–100 мкм) до 1 мкм (при розмірі зерна 7–14 мкм).

Таким чином, на основі наведених експериментальних досліджень можна дійти висновку, що при тонкому кубанітовому шліфуванні нових композитних сплавів на основі нікелю відбуваються складні процеси зміцнення та відпочинку тонкого шару поверхонь тертя нових підшипників ковзання, які впливають на показники стійкості та довговічності. Знання закономірностей утворення наклепу дає змогу технологам промислових підприємств створювати технологічні процеси, які враховують вплив складу кубанітового інструмента на параметри якості деталей підшипників ковзання та інших деталей тертя машин і механізмів. Це дає змогу оптимізувати режими різання, створювати реальні технологічні процеси для виробництва.

Висновки

Уперше в науковій практиці виконано розгалужене дослідження технологічного процесу тонкого кубанітового шліфування нових високосносостійких композитних матеріалів на основі нікелю з точки зору формування у поверхневих шарах прошліфованих поверхонь деталей тертя необхідного рівня параметрів на-

клепу з мінімізацією спотворень вихідних властивостей композиту внаслідок дії силового і температурного полів.

Показано, що на параметри наклепу поверхневого шару суттєво впливають зернистість кубанітового шліфувального круга і тип зв'язки кубанітового інструмента, а також такий технологічний фактор, як застосування при обробленні змащувально-охолоджувальної рідини.

Найкращі показники параметрів наклепу, а саме мінімальні спотворення II-го роду, мінімальну мікротвердість і ступінь наклепу, а також мінімальну глибину утворення наклепу в шарі поверхні оброблення деталі, забезпечують інструменти з КНБ зернистістю 14–20 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1 при 100 %-ній концентрації кубаніту.

Для забезпечення необхідних умов формування параметрів якості поверхневого шару з гарантуванням рівня його фізико-механічних властивостей (спотворень II-го роду, глибини і ступеня наклепу) тонке кубанітове шліфування нових композитних матеріалів на основі нікелю необхідно виконувати із застосуванням таких режимів різання (для однопрохідного шліфування периферією круга): швидкість круга – 25 м/с, швидкість виробу (поздовжня подача) – 1 м/хв, глибина різання – 1 мкм, охолодження – 3 %-ний розчин содової емульсії.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення закономірності утворення наклепу при тонкому кубанітовому шліфуванні нещодавно створених новітніх антифрикційних матеріалів, таких як диборид титану, композитів типу сапоніт титану та сапоніт алюмінію, порошкових сплавів на основі гідриду титану та боридів цирконію.

Список літератури

1. Косторнов А.Г. Триботехническое материаловедение. – Луганск: Ноули, 2012. – 701 с.
2. Kaczmar J.W., Pietrzak K., Wlosinski W. The production and application of metal matrix composite materials // J. Mater. Proces. Technol. – 2000. – 106, iss. 1-6. – P. 58–67.
3. Jian Liang, Dang Sheng Xiong. Tribological properties of nickel-based self-lubricating composite at elevated temperature and counterface material selection // Wear. – 2008. – 265, iss. 3-4. – P. 533–539.
4. Jianxin D., Tongkun C. Self-lubricant mechanisms via the in situ formed tribofilm of sintered ceramics with CaF₂ additions when sliding against hardened steel // J. Refract. Met. Hard Mater. – 2007. – 25, № 2. – P. 189–197.
5. Tribological properties of Ni-base alloy composite coating modified by both graphite and TiC particles / Bin Cai, Ye-fa Tan, Yi-qiang Tu et al. // Trans. Nonferrous Metals Society of China. – 2011. – 21. – P. 2426–2432.
6. Петраков Ю.В., Косміна Н.О. Автоматичне проектування оптимального керування при круглому врізному шліфуванні // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2008. – № 2. – С. 127–133.
7. Финишная обработка деталей сферической формы с наложением магнитных полей / Л.Е. Сергеев, А.П. Ракомсин, М.И. Сидоренко, В.Е. Бабич // Технология машиностроения. – 2007. – № 12. – С. 25–27.

8. *Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації* / А.П. Гавриш, О.О. Мельник, Т.А. Роїк та ін. – К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 196 с.
9. *Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.А.* Сучасні системи заготівельного виробництва в машинобудуванні. – К.: ЕКМО, 2010. – 212 с.
10. *Сверхтвердые материалы. Получение и применение. 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. *Рыжов Э.В.* Контактная жесткость деталей машин. – К.: Наук. думка, 1987. – 320 с.
12. *Гавриш А.П., Мельничук П.П.* Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 652 с.
13. *Температурне поле підшипників ковзання поліграфічних машин з високозносоустійких композитів на основі нікелю та інструментальних сталей за умов тонкого абразивного шліфування поверхонь тертя* / Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.С. Хлус, А.П. Гавриш // *Технологія і техніка друкарства.* – 2016. – № 2 (52). – С. 32–42.
14. *Вплив абразивного інструмента і режимів різання при тонкому шліфуванні зносостійких нікелевих композитів на параметри шорсткості поверхонь тертя поліграфічних машин* / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, Р.А. Хохлова // *Наукові вісті НТУУ “КПІ”.* – 2016. – № 2. – С. 77–86.

References

1. A. Kostornov, *Tribotechnical Material Science*. Lugansk, Ukraine: Nouly, 2012 (in Russian).
2. J.W. Kaczmar *et al.*, “The production and application of metal matrix composite materials”, *J. Mater. Proces. Technol.*, vol. 106, iss. 1–6, pp. 58–67, 2000.
3. Jian Liang and Dang Sheng Xiong, “Tribological properties of nickel-based self-lubricating composite at elevated temperature and counterface material selection”, *Wear*, vol. 265, iss. 3–4, pp. 533–539, 2008.
4. D. Jianxin and C. Tongkun, “Self-lubricant mechanisms via the in situ formed tribofilm of sintered ceramics with CaF₂ additions when sliding against hardened steel”, *J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 25, no. 2, pp. 189–197, 2007.
5. Cai Bin *et al.*, “Tribological properties of Ni-base alloy composite coating modified by both graphite and TiC particles”, *Trans. Nonferrous Metals Society of China*, vol. 21, pp. 2426–2432, 2011.
6. V. Petrakov and N.O. Kosmina, “Automatic design of optimum control at round infeed grinding”, *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 2, pp. 127–133, 2008 (in Ukrainian).
7. L. Serheev *et al.*, “Finishing of spherical parts with overlapping magnetic fields”, *Tekhnolohiya Mashynostroenyia*, no. 12, pp. 25–27, 2007 (in Russian).
8. A. Gavrysh *et al.*, *New Technologies of Finishing of Composite Bearing for Increased Conditions*. Kyiv, Ukraine: NTUU KPI, 2012 (in Ukrainian).
9. T. Roik *et al.*, *Modern Systems of Provice Technologies in Manufacturing*. Kyiv, Ukraine: ЕКМО, 2010 (in Ukrainian).
10. *Super Hard Material Tools*, N. Novikov and S. Klimenko, Eds. Moscow, Russia: Mashinostroenie, 2014 (in Russian).
11. E. Ryzhov, *Contact Rigidity of the Machines Parts*. Kyiv, Ukraine: Naukova Dumka, 1987 (in Russian).
12. A. Gavrysh and P. Melnychuk, *Diamond-Abrasive Treatment of Magnetic Materials*. Zhytomyr, Ukraine: ZDTU, 2003 (in Ukrainian).
13. T. Roik *et al.*, “Temperature field of slide bearings of printing machines made of high wear-resistant composites based on nickel and instrumental steels at thin abrasive grinding of the friction surfaces”, *Technologiya i Technika Drukarstva*, no. 2, pp. 32–42, 2016 (in Ukrainian).
14. A. Gavrysh *et al.*, “The influence of abrasive instrument and cutting modes in fine grinding of wear resistance composite parts on the parameters of surface roughness friction of printing machines”, *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 2, pp. 77–86, 2016 (in Ukrainian).

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.І. Хмільярчук, О.С. Хлус

ПАРАМЕТРИ НАКЛЕПУ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН ЗІ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ ПРИ ТОНКОМУ КУБАНІТОВОМУ ШЛІФУВАННІ

Проблематика. Дослідження технологічного процесу тонкого кубанітового шліфування деталей зі зносостійких композитних матеріалів, синтезованих на основі використання утилізованих і регенерованих відходів виробництва з нікелевих сплавів ХН55ВМТКЮ, ХН50ВТФКЮ, ЭП1975 з домішками твердого мастила СаF₂.

Мета дослідження. Експериментальне дослідження параметрів наклепу при тонкому кубанітовому шліфуванні деталей тертя з нових композитних матеріалів на основі нікелю та встановлення впливу на параметри наклепу поверхні деталі зернистості кубанітового інструмента, типу його зв'язки та режимів різання.

Методика реалізації. Обробка поверхонь деталей тертя поліграфічних машин зі зносостійких композитів на основі нікелю на прецизійних шліфувальних верстатах кубанітовими шліфувальними інструментами зернистістю 14–20 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці Бр1 за 100 %-ної концентрації кубаніту та із застосуванням тонких режимів різання.

Результати досліджень. Доведено, що на параметри наклепу поверхні оброблення суттєво впливають зернистість, матеріал зв'язки кубанітового круга та режими тонкого кубанітового шліфування. Найкращі показники ступеня наклепу, спотворень II-го роду та глибини наклепу, які задовольняють високі вимоги до робочих поверхонь деталей тертя поліграфічних машин, забезпечують шліфувальні круги з кубаніту зернистістю 14–20 мкм на бакелітно-гумовій зв'язці за 100 %-ної концентрації кубаніту (КНБМ14_М20БР1 100 %) і тонкі режими різання. Показано переваги обробки поверхонь кругами з кубаніту.

Висновки. Доведено, що формування високої якості поверхонь тертя деталей, які виготовлені з нових композитних матеріалів на основі нікелю, суттєво залежить від складу кубанітового інструмента (зернистості, типу зв'язки) та режимів різання. Розроблено рекомендації для виробництва.

Ключові слова: нові композитні матеріали; інструмент; деталі тертя; параметри наклепу; кубаніт; зернистість; тип зв'язки; тонке кубанітове шліфування; режими різання.

А.П. Гавриш, Т.А. Роик, П.А. Киричок, О.И. Хмилярчук, Е.С. Хлус

ПАРАМЕТРЫ НАКЛЕПА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИН ИЗ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ПРИ ТОНКОМ КУБАНИТОВОМ ШЛИФОВАНИИ

Проблематика. Исследование технологического процесса тонкого кубанитового шлифования деталей из износостойких композитных материалов, синтезированных на основе использования утилизированных и регенерированных отходов производства из никелевых сплавов ХН55ВМТКЮ, ХН50ВТФКЮ, ЭП975 с добавками твердой смазки CaF₂.

Цель исследования. Экспериментальное исследование параметров наклепа при тонком кубанитовом шлифовании деталей трения из новых композитных материалов на основе никеля и установление влияния на параметры наклепа поверхности детали зернистости кубанитового инструмента, типа его связки и режимов резания.

Методика реализации. Обработка поверхностей деталей трения полиграфических машин из износостойких композитов на основе никеля на прецизионных шлифовальных станках кубанитовыми шлифовальными инструментами зернистостью 14–20 мкм на бакелитово-резиновой связке Бр1 при 100 %-ной концентрации кубанита и с применением тонких режимов резания.

Результаты исследований. Доказано, что на параметры наклепа обрабатываемой поверхности существенно влияют зернистость, материал связки кубанитового круга и режимы тонкого кубанитового шлифования. Лучшие показатели степени наклепа, искажений II-го рода и глубины наклепа, которые удовлетворяют высоким требованиям к рабочим поверхностям деталей трения полиграфических машин, обеспечивают шлифовальные круги из кубанита зернистостью 14–20 мкм на бакелитово-резиновой связке при 100 %-ной концентрации кубанита.

Выводы. Доказано, что формирование высокого качества поверхностей трения деталей, которые изготовлены из новых композитных материалов на основе никеля, существенно зависит от состава кубанитового инструмента (зернистости, типа связки) и режимов резания. Разработаны рекомендации для производства.

Ключевые слова: новые композитные материалы; инструмент; детали трения; параметры наклепа; кубанит; зернистость; тип связки; тонкое кубанитовое шлифование; режимы резания.

Рекомендована Радою
Видавничо-поліграфічного інституту
НТУУ “КПІ ім. І. Сікорського”

Надійшла до редакції
3 червня 2016 року