

**Аналіз параметрів наклепу поверхонь деталей тертя високошвидкісних машин при тонкому кубонітовому шліфуванні / А.Гавриш, Т.Роїк, П.Киричок [та ін.] // Вісник ТНТУ. — 2014. — Том 73. — № 1. — С.118-127. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).**

УДК 621.822.1:621.002.3

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

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

## **АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ НАКЛЕПУ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАШИН ПРИ ТОНКОМУ КУБОНІТОВОМУ ШЛІФУВАННІ**

**Резюме.** Наведено результати дослідження процесів утворення дефектних шарів на поверхнях швидкісних підшипників ковзання з нових високолегованих композитних матеріалів, які синтезовані з відходів інструментальних сталей, призначених для поліграфічних машин. Показано, що такий параметр якості поверхонь, як наклеп, глибина його залягання, ступінь наклепу та спотворення 2-го роду, формуються в результаті силового і температурного полів, які виникають на вершині кубанітного зерна при тонкому кубанітовому шліфуванні поверхонь тертя підшипників ковзання. Доведено, що кінцева якість поверхонь оброблення залежить від взаємодії одночасно виникаючих при кубанітовому шліфуванні процесів зміцнення та відпочинку поверхонь шарів робочих поверхонь підшипників ковзання. Встановлено залежності ступеня наклепу, спотворень 2-го роду та глибини наклепу від складу кубанітового інструменту, його зернистості, типу зв'язки круга та режимів різання: швидкості круга, глибини шліфування, поздовжньої подачі та застосування змащувально-охолоджуючої рідини. Сформульовано рекомендації для промисловості з вибору шліфувальних інструментів з кубаніту, режимів різання, які відповідають вимогам до якості поверхонь оброблення високошвидкісних підшипників ротаційних поліграфічних машин.

**Ключові слова:** нові композитні сплави, силове поле, температури, складові сил різання, наклеп, деталі тертя поліграфічних машин, тонке кубанітове шліфування.

**A. Gavrish, T. Roik, P. Kyrychok,  
Yu. Vitsyuk, V. Olyinik,**

## **ANALYSIS OF COOL WORKING PARAMETERS ON FRICTION PARTS SURFACES FOR HIGH-SPEED MACHINES AT FINE CUBONIT GRINDING**

**Summary.** The research results of defect layers formation on the surfaces of high-speed bearings for printing machines from new high-alloyed composite materials, which were synthesized from tool steels wastes, have been presented. It was shown, that the quality parameter of cool working, its depth, cool working degree and distortions of 2nd kind are formed as a result of force and temperature fields that appear at the top of cubonit grain at fine cubonit grinding of friction bearings surfaces. It was proved, that the finish quality of the finishing surfaces depends on the interaction of synchronous strengthening and relaxation processes of bearings surface layers at cubonit grinding. The dependences of cool working degree, distortions of the 2nd kind and cool working depth from cubonit tool, its granularity, type of bond and cutting parameters: speed of disc, grinding depth, longitudinal feeding and application of lubricating cooling liquid have been determined. On the base of experiments it was shown that difficult processes of strengthening and rest take place in thin layer of new sliding bearing surfaces at fine cubonit grinding. These processes have an important effect for stability and durability. Knowledge of cool working formation regularity allows to develop the technological processes for technologists in industry plants. These technological processes take into account an influence of cubonit tool composition for quality parameters of sliding bearings and other friction parts of machines and mechanisms. The future researches of new composite materials fine cubonit grinding will result in all-round studying of residual tensions nature in surface layers after grinding especially value of tensions, their mark (strain or compression) and their

*depth. It gives a possibility to carry out the complex analysis of friction part surface properties taking into account the requirements for further increase of friction part exploitation terms and printing machines as a whole. Recommendations for industry on cubonit grinding tools choice and cutting parameters that corresponds the requirements for quality of bearings working surfaces for rotary printing machines have been formulated.*

*Key words: new composite alloys, force field, temperatures, components of cutting forces, cool working, friction parts of printing machines, fine cubonit grinding.*

**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 800 об/хв, тиски 3–8 МПа). Одним із поширених видів деталей, що експлуатуються у зазначених умовах, є підшипники ковзання високошвидкісних машин поліграфічної техніки, зокрема ротаційних апаратів на взірець КВА «Rapida-105», деталей вузлів тертя газоперекачуючих станцій, компресорів магістральних газогонів та інше.

Створення нових композиційних підшипникових матеріалів для важких умов експлуатації [1–5] з широким використанням як основи для них утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей переконливо довело наявність стабільно високих триботехнічних властивостей цих композитів [6].

Відомості про технологічні засади виготовлення та прецизійного механічного оброблення нових композитних підшипників детально наведено у роботах [5–8]. Цими дослідженнями було доведено, що на терміни служби підшипників ковзання з нових композитів впливають показники якості поверхонь оброблення, а саме, параметри шорсткості поверхонь  $R_a$  та властивості поверхневого шару, з якого шліфувальним інструментом здійснюється зрізування тонких стружок. З цієї точки зору висувались задачі досягнення характеристик мінімальної шорсткості  $R_a$  поверхонь оброблення, яка є передумовою високих функціональних властивостей підшипників. З цією метою були створені технологічні процеси, де фінішне абразивне оброблення здійснювалась із застосуванням методів тонкого кубанітового та ельборового шліфування, а також методів магнітно-кубанітового оброблення [6–12].

На сьогодні у сучасному машинобудівному виробництві широко застосовуються шліфувальні інструменти з кубонітів, які були створені на основі кубічного нітриту бору (КНБ) вченими інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України [10] і які рекомендовані для надтонкого фінішного оброблення поверхонь деталей тертя, що виготовлені з високолегованих та важкооброблюваних матеріалів. Такими матеріалами є нові композитні сплави, у складі яких у якості легуючих елементів присутні вольфрам, молибден, ванадій, цирконій та нікель [1–4], що дозволяє отримати високі функціональні властивості матеріалів у результаті застосування розробленої авторами технології виготовлення [1–3]. А це, у свою чергу, сприяє забезпеченню високих вимог 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 напрямку 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.

**Метою даної статті** є всебічне дослідження параметрів якості поверхонь та встановлення науково-обґрунтованих режимів тонкого кубанітового шліфування робочих поверхонь підшипників ковзання з нових композиційних сплавів,

синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 11P3AM3Ф8, 4XMHΦC та 7XГ2BMΦ. Ці режими різання повинні забезпечити відповідні параметри якості прошліфованих поверхонь та забезпечити необхідний рівень експлуатаційних властивостей вузлів тертя високообертowego друкарського обладнання.

**Матеріали та результати досліджень.** Методику вивчення фізичних властивостей поверхневого шару зразків наведено у роботах [4, 5, 7, 9, 12].

Слід підкреслити, що у всіх експериментах використовувалися зразки з нових композитних матеріалів 11P3AM3Ф8+5%CaF<sub>2</sub>, 4XMHΦC+5%CaF<sub>2</sub> та 7XГ2BMΦ+5%CaF<sub>2</sub> [1–3].

Зазначимо, що фізичні властивості поверхневого шару деталей з нових композитів, а саме, глибина та ступінь наклепу, спотворення II-го роду, знак та величина залишкових напружень цілковито залежать від взаємодії силового та температурного полів [10–13].

Було враховано попередньо отримані авторами результати досліджень сил [10, 12] та миттєвих контактних температур [10–13], що виникають і одночасно діють на вершині кубанітового зерна шліфувального круга при зрізуванні тонких стружок з поверхні оброблення. При цьому сили різання спричиняють зміцнення тонкого поверхневого шару, у той час як миттєві контактні температури сприяють відпочинку зміцненої від дії сил різання поверхні. Як наслідок, формуються кінцеві значення параметрів якості поверхні оброблення. У роботі [10] було спрогнозовано, що при раціональному підборі режимів шліфування у майбутньому можливо буде виконувати оброблення 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 з нових композитів є актуальним, а отримані результати створять умови, коли, призначаючи відповідні режими різання, стане можливим максимально зберегти вихідні властивості матеріалу, з якого виготовлено деталі тертя. Це, в свою чергу, забезпечить відповідне зменшення зносу при терті поверхонь підшипників ковзання, значно підвищить термін служби деталі та друкарської машини у цілому, зокрема офсетної друкарської машини КВА «Rapida–105».

Результати експериментальних досліджень параметрів зміцнення поверхневого шару при тонкому кубанітовому шліфуванні зразків з нових підшипникових матеріалів наведені у табл.1–5.

**Таблиця 1**

Залежність наклепу від матеріалу зв'язки круга при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву 7XГ2BMΦ+5%CaF<sub>2</sub>

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Зв'язка інструменту	Параметри наклепу		
			$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Нд, МПа	К
КНБ5К1 100%	50	Керамічна	21–22	4190	1,16
КНБ 5M1 100%	50	Металева	20–22	4290	1,19
КНБ 5Бp1 100%	50	Бакелітно-гумова	19–20	4120	1,14
КНБ 5Бp2 100%	50	Бакелітно-гумова	19–21	4200	1,17
КНБ M28K1 100%	28	Керамічна	18–19	3900	1,08
КНБ M28Бp1 100%	28	Бакелітно-гумова	16–17	3850	1,07
КНБ M14K1 100%	14	Керамічна	13–15	3800	1,05
КНБ 5M14Бp1 100%	14	Бакелітно-гумова	12–14	3710	1,03

**МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

КНБ М14М1 100%	14	Металева	15–17	3750	1,04
КНБ М10К1 100%	10	Керамічна	13–16	3700	1,02
КНБ М10Бр1 100%	10	Бакелітно-гумова	10–12	3650	1,01

Примітки: 1.  $\Delta a/a$  – спотворення 2-го роду. 2.  $H_d$  – мікротвердість деталі за Віккерсом. 3.  $K$  – ступінь наклепу ( $H_d/H_z$ ). 4. Показники наклепу зразків без оброблення:  $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$ ,  $H_z = 3600$  МПа. 5. Шліфувальні круги з кубаніту (КНБ) на керамічній (К1), металевий (М1) та бакелітно-гумовій (Бр1, Бр2) зв'язках зі 100%-ю концентрацією кубаніту. 6. Режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF-250 «АВawerk» (ФРН), швидкість кругу  $V_{кр} = 22$  м/с, швидкість виробу  $V_v = 2$  м/хв., глибина різання  $t = 2$  мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 2

Залежність наклепу при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву 4ХМНФС+5%СаF<sub>2</sub> крупнозернистими кругами

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Параметри наклепу			Охолодження при обробленні
		$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H <sub>д</sub> , МПа	К	
КНБ10Бр1 100%	100	21,5–22,5	4350	1,20	Емульсія
КНБ 5Бр1 100%	50	19–20	4120	1,14	Емульсія
КНБ 5Бр1 100%	50	18–19	4080	1,13	Емульсія
КНБ 5М1 100%	50	19,5–21	4120	1,14	Емульсія
КНБ 5К1 100%	50	19–19,5	4100	1,14	Емульсія
КНБ 5К1 100%	50	20–20,5	4200	1,17	Без охолодження
КНБ 5М1 100%	50	20,5–21	4270	1,18	Без охолодження
63С10Гл	100	23,7–24	5400	1,50	Емульсія

Примітки: 1.  $\Delta a/a$  – спотворення 2-го роду. 2. H<sub>д</sub> – мікротвердість деталі за Віккерсом. 3. К – ступінь наклепу (H<sub>д</sub>/H<sub>з</sub>). 4. Показники наклепу зразків без обробки:  $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$ , H<sub>з</sub>=3600 МПа. 5. Шліфувальні круги з кубічного нітриту бору (КНБ) на керамічній (К1), металевий (М1) та бак елітно-гумовій (Бр1) зв'язках зі 100%-ю концентрацією кубаніту. Для порівняння – круг 63С10Гл з карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл). 6. Режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF-250 «Аbawerk» (ФРН), швидкість круга V<sub>кр</sub>=22 м/с, швидкість виробу V<sub>в</sub>=2 м/хв., глибина різання t=2 мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 3

Залежність наклепу від матеріалу зерен при кубанітовому шліфуванні зразків зі сплаву 11РЗАМ3Ф8+5%СаF<sub>2</sub> дрібнозернистими кругами

Абразивний інструмент	Параметри наклепу			Охолодження при обробленні
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H <sub>д</sub> , МПа	К	
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: 1.  $\Delta a/a$  – спотворення 2-го роду. 2. H<sub>д</sub> – мікротвердість деталі за Віккерсом. 3. К – ступінь наклепу (H<sub>д</sub>/H<sub>з</sub>). 4. Показники наклепу зразків без обробки:  $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$ , H<sub>з</sub>=3600 МПа. 5. Шліфувальні круги з кубічного нітриту бору (КНБ) на бекалітно-гумовій (Бр1) зв'язках зі 100%-ю концентрацією кубаніту. Для порівняння – круг 63С10Гл з карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл). 6. Режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF-250 «Аbawerk» (ФРН), швидкість круга V<sub>кр</sub>=22 м/с, швидкість виробу V<sub>в</sub>=2 м/хв., глибина різання t=2 мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 4

Залежність ступеню наклепу К від зернистості при кубанітовому шліфуванні зразків з досліджуваними кругами на еластичній бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1)

Абразивний інструмент	Зернистість, мм	Оброблюваний матеріал		
		7ХГ2ВМФ +5%CaF <sub>2</sub>	4ХМНФС+5%CaF <sub>2</sub>	11РЗАМЗФ8+5%CaF <sub>2</sub>
		Параметри наклепу К		
КНБ10БР1 100%	100	1,20	1,23	1,22
КНБ 5БР1 100%	50	1,14	1,17	1,16
КНБМ28БР1 100%	28	1,07	1,12	1,11
КНБМ20БР1 100%	20	1,05	1,08	1,07
КНБМ14БР1 100%	14	1,03	1,5	1,04
КНБМ7БР1 100%	7	1,02	1,03	1,03

Примітки: 1. К – ступінь наклепу ( $H_d/H_3$ ). 2. Показник наклепу зразка  $H_3 = 3600$  МПа. 3. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF-250 «Аbawerk» (ФРН), швидкість круга  $V_{кр}=22$  м/с, швидкість виробу  $V_v=2$  м/хв., глибина різання  $t=2$  мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 5

Параметри наклепу на різних рівнях наклепаної зони при кубанітовому шліфуванні зразків з композитного сплаву 7ХГ2ВМФ +5%CaF<sub>2</sub>

Вид обробки, тип круга	Глибина шару вимірювання, мкм							
	1		3		5		10	
	Параметри наклепу							
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	К	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	К	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	К	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	К
Без охолодження КНБ10БР1 100%	21,5–22,5	1,21	21–22	1,20	20,5–21,5	1,19	19,5–20,5	1,15
З охолодженням КНБ 10БР1 100%	21,5–22,5	1,20	21–22	1,19	20,5–21,5	1,18	19,4–20,1	1,14
З охолодженням КНБМ28БР1 100%	16,5–17,5	1,07	16–17	1,06	15,5–16,5	1,05	14–15,55	1,01
Без охолодження КНБМ28БР1 100%	17–18	1,08	16,5–17,5	1,07	16–17	1,06	13–15	1,02
З охолодженням КНБМ20БР1 100%	15–16,5	1,05	14,5–15,5	1,04	14–16	1,03	13–13,5	1,01
З охолодженням АСМ14БР1 100%	12–14	1,03	11,5–13,5	1,02	11–13	1,01	10–12,5	1,01
Без охолодження КНБМ14БР1 100%	12,5–13	1,02	12–12,5	1,01	11,5–12	1,01	10–12	1,01
З охолодженням КНБМ10БР1 100%	10–12	1,01	9,5–11,5	1,01	9–11	1,01	8,5–10	1,01
Без охолодження КНБМ10БР1 100%	11–11,5	1,03	10,5–11	1,02	10–10,5	1,01	8–9,5	1,01
З охолодженням КНБМ7БР1 100%	9,5–10,5	1,01	9–10	1,01	8,5–9,5	1,01	6,5–8	1,01

Примітки: 1.  $\Delta a/a$  – спотворення II-го роду. 2. К – ступінь наклепу ( $H_d/H_3$ );  $H_d$  – мікротвердість деталі за Віккерсом;  $H_3$  – мікротвердість зразка за Віккерсом. 3. Показники наклепу зразка:  $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$ ,  $H_3=3600$  МПа. 4. Шліфувальні круги: кубічний нітрид бору (КНБ) на бакелітно-гумовій (Бр1) зв'язці зі 100% концентрацією кубаніту. 5. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF-250 «Аbawerk» (ФРН), швидкість круга  $V_{кр}=22$  м/с, швидкість виробу  $V_v=2$  м/хв., глибина різання  $t=2$  мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Аналізуючи дані табл.1–5, бачимо, що при визначенні залежностей утворення наклепу при тонкому шліфуванні деталей з нових композитних матеріалів виявлено такі закономірності: обробка круглими зв'язками на еластичних зв'язках забезпечує менший наклеп, ніж обробка на жорсткій керамічній (К1) та металевій (М1) зв'язках: спотворення II роду  $\Delta a/a$ , мікротвердість  $H_d$  та ступінь наклепу більші при застосуванні шліфувальних інструментів на жорстких зв'язках. Це є характерним для всіх досліджуваних у композиційних сплавах, синтезованих з відходів інструментальних сталей. Також слід відзначити схожість цієї залежності як при застосуванні крупнозернистих, так і дрібнозернистих шліфувальних інструментів.

Пояснення цьому може бути надано з урахуванням властивостей бак елітно-гумової зв'язки, а саме, її меншою жорсткістю, більшою еластичністю у порівнянні, наприклад, з бекалітно-гумової зв'язкою. Внаслідок цього під час зрізування стружки з поверхні зразка, що досліджується, на різальному лезі кубанітового зерна утворюється відповідна сила різання, яка залежить від технологічних режимів різання [12]. Ця сила деформує шар матеріалу й зумовлює утворення у ньому різних дефектів (наклеп, спотворення II роду, залишкові напруження). При цьому, саме завдяки еластичності бекалітно-гумової зв'язки, сили різання перерозподіляються і демпфують ріжуче зерно у тіло шліфувального круга. Це зменшує фактичну глибину шліфування і відповідно, зменшує складові сили шліфування, які, у свою чергу, зумовлюють зменшення параметрів наклепу [6, 8, 1].

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

Експериментально доведено, що мінімальні спотворення II роду, мікротвердість та ступінь наклепу поверхневого шару забезпечує застосування шліфувальних кругів з мінімальними розмірами зерен.

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

Узагальнюючи всю сукупність експериментальних даних як для крупнозернистих, так і дрібнозернистих інструментів, необхідно зробити загальний висновок про зменшення наклепу при тонкому шліфуванні кубанітовими кругами для всієї гама досліджених нових композитних матеріалів. Зменшення наклепу можна пояснити більш гострою формою різального леза кожного окремого зерна кубаніту та більшою міцністю їх, здатних при шліфуванні сприймати та передавати деформованим мікрооб'ємам металу (в процесі зрізування стружки) менші навантаження, ніж зерна електрокорунду білого (23А) і карбіду кремнію зеленого (63С). Ці висновки повністю співпадають з висновками, отриманими 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 різальне зерно, що знаходиться у шарі оброблення і зрізує тонку стружку з перерізом  $a_z$  [14].

Аналіз даних табл.4,5 показує, що існує фактичний зв'язок між параметрами наклепу та зернистістю інструменту. Незалежно від виду кубанітового інструменту зі зменшенням його зернистості (у діапазоні 100–7 мкм) параметри наклепу зменшуються. Мінімальний наклеп забезпечує шліфування кругами зернистістю 14мкм на основі кубічного нітриду бору (КНБ) на бак елітно-гумовій зв'язці (Бр1) зі 100%-ю концентрацією кубаніту (КНБМ14 100%). Підвищення ступеня наклепу зі збільшенням розміру зерна пояснюється суттєвим збільшенням силової дії на мікрооб'єм металу [10, 14], у зв'язку з чим зростає ступінь пластичної деформації.

Необхідно зазначити, що отримані висновки про закономірності утворення наклепу підтверджуються різними фізичними методами вимірювання

(рентгеноструктурний аналіз, металографія, індукційне зондування поверхні оброблення) [10, 14]. Це свідчить про наявність внутрішнього зв'язку між різними параметрами наклепу та підтверджує достовірність результатів досліджень.

У даній роботі не ставилась задача отримання кореляційних моделей зв'язку між різними досліджуваними параметрами. Проте слід звернути увагу на те, що у більшості випадків параметри наклепу менші при шліфуванні з охолодженням змащувально-охолоджуючою рідиною, ніж при різанні без охолодження. Це пояснюється більшим впливом миттєвих контактних температур при зрізуванні стружки [15]. Але питання застосування охолоджуючої рідини при тонкому шліфуванні нових композиційних сплавів повинно вирішуватись у комплексному поєднанні з призначенням режимів різання, які також повинні забезпечити мінімальну шорсткість поверхні оброблення нових високошвидкісних підшипників [11,13], що є важливим показником якості й суттєво впливає на параметри зношування при їх роботі й довговічності відповідних вузлів, зокрема ротаційних поліграфічних машин на взірець КВА «Rapida-105».

Аналіз табл. 5 показує, що глибина наклепаної зони залежить від зернистості інструменту, зменшуючись 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 відбуваються складні процеси зміцнення та відпочинку тонкого шару поверхонь тертя нових підшипників ковзання, які впливають на показники стійкості й довговічності. Знання закономірностей утворення наклепу дозволяє технологам промислових підприємств створювати технологічні процеси, які враховують вплив складу кубанітового інструменту на параметри якості деталей підшипників ковзання та інших деталей тертя машин і механізмів. Це дозволяє оптимізувати режими різання, створювати реальні технологічні процеси для виробництва.

**Висновки.** Вперше досліджено питання кубанітового оброблення нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей з точки зору формування у поверхневих шарах прошліфованих поверхонь параметрів якості з мінімізацією спотворень вихідних властивостей металу внаслідок дії силового та температурного полів.

Показано, що на параметри наклепу поверхневого шару суттєво впливають зернистість кубанітового шліфувального круга та тип зв'язки кубанітового інструменту, а також такий технологічний фактор, як застосування для оброблення змащувально-охолоджуючої рідини.

Найкращі показники параметрів наклепу, а саме мінімальні спотворення II-го роду, мінімальна мікротвердість та ступінь наклепу, а також мінімальна глибина утворення наклепу у шарі поверхні оброблення деталі забезпечують інструменти з кубічного нітриту бору (КНБ) зернистістю 14–20 мкм на бак елітно-гумовій зв'язці (Бр1) при 100% концентрації кубаніту.

Для забезпечення необхідних умов якості поверхневого шару (параметри наклепу, шорсткість поверхні оброблення) кубанітове шліфування підшипників з нових композиційних матеріалів необхідно виконувати із застосуванням тонких режимів різання, а саме для плоского однопрохідного шліфування периферією круга: швидкість круга 22 м/с, швидкість виробу (поздовжня подача) – 2 м/хв., глибина різання – 2 мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Подальші дослідження процесу тонкого кубанітового шліфування нових композитних матеріалів будуть спрямовані на всебічне вивчення характеру залишкових напружень у поверхневому шарі оброблення, зокрема величини напружень, їх знака (розтягу чи стиску) та глибини залягання. Це дасть можливість виконати комплексний



аналіз властивостей поверхні деталі з урахуванням вимог подальшого підвищення термінів служби деталей тертя та друкарських машин у цілому.

**Conclusions.** For the first time there were researched the questions of cubonit processing of new composite alloys, which were produced on the base of utilized and refreshed grinding steels wastes of 4ХМНФС, 7ХГ2ВМФ and 11Р3АМЗФ2 with solid lubricant CaF<sub>2</sub> additives.

It was shown, that the graininess of cubonit grinding disc, cubonit disc material of bond and also cooling emulsion solution essentially influence surface layers cool working parameters.

The best results of such surface parameters as cold-work strengthening, its depth, distortions of the 2nd type and microhardness of surfaces provide the tools made of cubonit (KNB) with graininess 14–20 μm on the resine-bacelit bond at 100% concentration of cubonit.

To provide bearings surfaces high quality at the zone of cutting by cubonit grinding it is necessary to provide the following cutting parameters: speed of disc-22 m/s, speed of part – 2 m/min, depth of cutting – 2 μm, cooling – 3% soda emulsion solution.

Further researches of cubonit grinding process of new composite materials will result in the research of residual stresses formation in the surface layers of work friction surfaces of composite sliding bearings. This is the main way for providing the requirements of friction parts high quality surfaces for printing machines and increasing of their operation time.

#### **Список використаної літератури**

- 1 Пат. України № 60521, МПК С22С33/02 (2006.01). Композиційний підшипниковий матеріал [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок.; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
- 2 Пат. України № 60522, МПК С22С33/02 (2006.01). Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок., О.О. Мельник.; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
- 3 Пат. України № 102299, МПК С22С33/02. Антифрикційний композиційний матеріал на основі інструментальної сталі [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок., О.О. Мельник.; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 13.
- 4 Роїк, Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищення умов експлуатації: монографія [Текст] / П.О. Киричок, А.П. Гавриш. – К.: НТУУ „КПІ”, 2007.– 404 с.
- 5 Роїк, Т.А. Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні: монографія [Текст] / А.П. Гавриш, О.А. Гавриш. – К.: ЕКМО, 2010.– 212 с.
- 6 Нові технології фінішного оброблення композиційних матеріалів з відходів швидкорізальних сталей на основі кубаніту [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, Ю.Ю. Віщок, О.І. Хмільярчук, О.О. Мельник // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2011.– №2.– С. 100–107.
- 7 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.
- 8 Вплив складу інструменту і режимів тонкого ельборового шліфування та шорсткості поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – №5. – С. 71–76.
- 9 Вплив технології виготовлення та магнітно-абразивної обробки на властивості високошвидкісних підшипників [Текст] / О.О. Мельник, Ю.Ю. Віщок, А.П. Гавриш, Т.А. Роїк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Серія машинобудування. – №2010. – №59.–С.75 – 78.
- 10 Гавриш, А.П. Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія [Текст] / П.П. Мельник. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 652с.
- 11 Вплив кубанітового інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні [Текст] / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віщок // Технологія і техніка друкарства. – 2012. – №3. – С. 65–77.
- 12 Вплив складу інструменту і режимів тонкого ельборового шліфування та шорсткості поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок // Вісник ЖДТУ. – 2013. – №3.– С. 112–120.

- 13 Роик Т. А., Киричок П.О., Гавриш А. П., Аскеров М.Г., Вицок Ю.Ю. Обеспечение качества поверхностей деталей из магнитомягких сплавов прецизионной доводкой: монография [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віцок. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 233 с.
- 14 Силовое поле при тонкому шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів для друкарської техніки [Текст] / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцок // Прогрессивные технологии и система машиностроения (Международный сборник научных трудов).– 2013. – №2 (45). – С. 85–90.
- 15 Дослідження температур при тонкому абразивному шліфуванні деталей з композитів на основі відходів інструментальних сталей [Текст] / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцок // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013 – №1 (69). – С. 125–130.

*Отримано 11.11.2013*