

Якість поверхонь зносостійких композитних деталей тертя поліграфічних машин при прецизійній доводці / А. Гавриш, Т. Роїк, П. Киричок, С. Зигуля, В. Олійник // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2014. — Том 76. — № 4. — С. 126-134. — (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; С. Зигуля;
В. Олійник, канд. техн. наук**

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

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИТНИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН ПРИ ПРЕЦИЗІЙНІЙ ДОВОДЦІ

***Резюме.** Виконано комплексне дослідження технологічних процесів надтонкої прецизійної доводки високозносостійких та високолегованих антифрикційних композитних сплавів у широкому експериментальному спектрі – від процесів ручної доводки з використанням найновітніших абразивних брусків природних родовищ до прецизійної машинної доводки з забезпеченням високих вимог до якості поверхонь оброблення. Показано, що на параметри якості поверхонь суттєво впливають матеріал та зернистість абразивних мікропорошків для доводки, а також матеріал доводочного диска та метод машинної доводки. Встановлено, що найкращі показники по якості поверхонь оброблення при ручній доводці забезпечують природні абразивні бруски з мікрокварцитів родовищ «Індій» (США), «Едіган» (Росія) та «Атасу» (Україна).*

***Ключові слова:** композити, машинна доводка, абразивні мікропорошки, доводочні диски, режими різання, якість поверхні.*

A. Gavrish, T. Roik, P. Kyrychok, S. Zygulya, V. Olyinik

SURFACES QUALITY OF WEAR RESISTANCE COMPOSITE FRICTION PARTS OF THE PRINTING MACHINES AT PRECISION MACHINING

***Summary.** For the first time the technological process of the superfine precision machining high-alloyed and high-wear-resistant new antifriction composite alloys in the wide experimental spectrum – from process of the hand machining with using the new abrasive hones of the natural resources to the precise machining with the ensuring high standards to the quality surfaces details – were researched.*

It was shown the parameters of the surfaces quality (the roughness, cold working, cold working degree) are sufficiently influenced by the material and granularity of the abrasive grain for the machining, material of the machining disk and method of the machining (the regularity of the using different materials for the machining disks with the union of the rational using micro granularity abrasives and submicron pastes). The main regularities of surface roughness formation parameters depending on graininess, material of abrasive grain, abrasive disc's vehicle properties and cutting parameters at precision finish machining operations have been determined.

It was proved; natural abrasive hones using the micro quartzite from the resources of «Indij» (USA), «Edigan» (Russia) and «Atasa» (Ukraine) provide high quality surfaces at the hand machining.

Recommendation for industry on the machining of parts from new composite materials (material of abrasive, granularity) and cutting parameters that provide the high quality surfaces have been formulated.

Following recommendation of precision machining for parameters of the surfaces quality for the parts of the printing machines from new antifriction composites have been developed: material for machining disk – globul cast iron; micro powders from chromelundum (CrO at 1,5–2%, abrasive grit 3 mm (33AM3); the cool – oil liquid (kerosene ~65%); oleic acid (~35%); the cutting rapid $V_p=5-7$ m/min.; the specific pressure $q=0,05-0,07$ MPa.

***Key words:** composites, machining, micro granulated abrasive, machining disks, cutting parameters, quality of the surface.*

Вступ. У сучасних поліграфічних машинах для забезпечення безперервно зростаючих вимог до підвищення їх споживчих характеристик (якості, надійності, довговічності, зносостійкості) при виготовленні пар тертя вузлів та механізмів широкого розповсюдження набули новітні високолеговані композиційні матеріали. Здебільшого, вони застосовуються для деталей, які працюють у жорстких умовах експлуатації (контактні температури – $170\div 900^{\circ}\text{C}$, питомі тиски – $2\div 5$ МПа).

Особливістю усіх цих композитів (незалежно від того, на якій базі вони синтезовані – з інструментальних штампованих, швидкорізальних сталей чи з алюмінію) є те, що для їх виготовлення були використані цінні шліфувальні шламів відходи основного виробництва, які містять у своєму складі високодефіцитні матеріали (вольфрам, ванадій, молібден, іридій, титан, нікель, марганець, мідь, алюміній та ін.) і які, на жаль, до сьогодні викидали у відвали. Використання названих сировинних ресурсів дозволило створити гаму нових композитних сплавів, всебічно їх дослідити й домогтися упровадження в промислове виробництво [1–9].

Відомо [7–9], що показники довговічності та зносостійкості деталей з композитних матеріалів суттєво залежать від параметрів якості оброблених поверхонь деталей тертя і, в першу чергу, від параметрів шорсткості R_a , ступеня наклепу K та глибини h його проникнення в тіло деталі.

Вимоги до параметрів якості поверхонь оброблення невпинно зростають. Уже на сучасному етапі створення поліграфічних машин необхідно виконувати такі умови: забезпечити шорсткість плоских поверхонь деталей у межах $R_a=0,050\text{--}0,070$ мкм, відхилення від площинності $\sim 0,5\text{--}1$ мкм на довжині 35–50 мм, ступінь наклепу K не більше 1,5–2,0, глибину наклепу h до 1,0–1,2 мкм.

Ці високі вимоги виконати методами тонкого алмазно-абразивного шліфування неможливо.

До останнього часу доводки плоских поверхонь композитних деталей виконували вручну висококваліфіковані робітники. Це не завжди забезпечувало високу якість виконаних робіт, результати яких значно залежали від суб'єктивних характеристик (уміння й кваліфікації робітника, його фізичного стану та ін.).

Комплексні обґрунтовані рекомендації з машинної доводки високолегованих, важкооброблюваних та високозносостійких композитних деталей тертя до сьогодні практично відсутні. Є лише перші спроби у напрямку вирішення цього технологічного завдання [8–13]. Тому у виробництві набрали поширення різні технології, які, здебільшого, забезпечують виконання завдань лише даного виробництва і часто були непридатні для застосування на інших підприємствах навіть однієї галузі.

Вказані обставини зумовили необхідність детального вивчення технологічних процесів прецизійної машинної доводки деталей з новітніх марок композиційних сплавів для поліграфічної техніки.

Виконання дослідів у цьому напрямку є актуальним завданням, позитивне вирішення якого має як наукове, так і незаперечне практичне значення.

Метою статті є всебічне дослідження параметрів якості поверхонь та встановлення науково-обґрунтованих режимів прецизійної машинної доводки плоских поверхонь деталей тертя машинних комплексів, що виготовлені з нових композиційних сплавів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 11P3AM3Ф, 4ХМНФС, 7ХГ2ВМФ та силумінів АМ4,5Кд, АК12М2МгН та АК8М3г [1–6]. Ці режими різання повинні забезпечити відповідні параметри якості доведених поверхонь та створити умови для зростання та досягнення необхідного рівня експлуатаційних властивостей вузлів тертя машинних комплексів, зокрема високообертового друкарського обладнання.

Матеріали та результати досліджень. Методику вивчення фізичних властивостей поверхневого шару зразків наведено у роботах [7–9, 13].

Для технологічних досліджень використовували зразки з нових марок композитів двох типів: на основі високолегованих штампованих та інструментальних сталей 11P3AM3Ф, 4ХМНФС, 7ХГ2ВМФ і на основі алюмінію АК12М2МгН, АК8М3г, АМ4,5Кд.

Результати досліджень процесів тонкої прецизійної доводки плоских поверхонь деталей пар тертя, виготовлених з новітніх композиційних сплавів, наведені нижче.

У табл.1 наведено деякі основні дані з експериментального дослідження ручної доводки дрібнозернистими брусками карбіду кремнію зеленого на керамічній зв'язці 63СМ14Т1К та природними брусками, що найчастіше застосовуються при ручній прецизійній доводці на вітчизняних заводах та відомих підприємствах закордонних фірм, а саме, брусками «Індій» (США, родовище у штаті Індіана), «Арканзас» (США, родовище мікролітів у штаті Арканзас), мікрокварцитами Білорецького родовища (Росія, смт. Коливань, Алтайський край), Чугунашського родовища (Росія, смт. Ліствянка, Байкал), Едіганського родовища (Казахстан, смт. Урумча, Тянь-Шань) та Атасу (Україна, смт. Дюрош, Карпати).

Доцільно зазначити, що всі природні абразивні бруски мають високу зернову однорідність (у межах 5–10 мкм), а спектральний та петрографічний аналізи, виконані авторами статті, свідчать про 100% відсутність у їх складі вкраплень сторонніх кристалічних речовин, тобто про загальну однорідність і унікальність природних абразивних інструментів. Детальні характеристики їх та потенціальні можливості детально висвітлені у роботах [14–16].

Таблиця 1

Параметри шорсткості поверхні R_a та ступеня наклепу K при прецизійній ручній доводці деталей тертя з композитів на основі інструментальних сталей та алюмінію

Table 1

Parameters of surface roughness R_a and mechanical hardening degree K in the friction parts superfine precision hand machining of tools steel and aluminum based composites

Абразивний інструмент	Тип композиту							
	11РЗАМЗФ		4ХМНФС		7ХГ2ВМФ		АК8МЗг	
	R_a , мкм	K	R_a , мкм	K	R_a , мкм	K	R_a , мкм	K
63СМ14Т1К	0,04	1,99	0,04	1,92	0,05	1,90	0,07	1,95
Брусок «Індій»	0,03	1,85	0,03	1,83	0,04	1,80	0,06	1,82
Брусок «Арканзас»	0,03	1,80	0,03	1,77	0,04	1,75	0,06	1,76
Брусок «Білорецький»	0,025	1,70	0,025	1,69	0,035	1,65	0,05	1,68
Брусок «Чугунаш»	0,025	1,65	0,025	1,63	0,035	1,60	0,045	1,65
Брусок «Едіган»	0,02	1,60	0,02	1,55	0,025	1,50	0,03	1,53
Брусок «Атасу»	0,02	1,58	0,02	1,50	0,025	1,48	0,03	1,51

Аналіз табл.1 свідчить, що в усіх випадках якості поверхні деталей оброблення вища при ручній доводці на природних брусках, ніж на штучно створених інструментах з карбіду кремнію зеленого (63СМ14Т1К). Це стосується як показників шорсткості R_a , так і ступеня наклепу K . Пояснення цьому полягає у більшій однорідності структури природних абразивних брусків.

Для прецизійної машинної доводки використовували верстат С–15, у якому шпиндель розташовано ексцентрично осі обертання доводочного диска. На коромисліводилі шпинделя у його двох центрах встановлювались пристрої типу центрових накладок, у гніздах котрих встановлювались композитні деталі оброблення так, щоб площинна обробка торкалася плоскій поверхні доводочного диска [8,10,11]. При обертанні шпинделя з водилом-коромислом (завдяки ексцентриситету) деталі оброблення набувають додаткового обертання відносно своїх центрів, а з урахуванням обертання доводочного диска траєкторія доводки нагадує регулярну архімедову спіраль.

Шпиндель верстата С–15 має плинно рухатись у вертикальному напрямку.

Експерименти (з урахуванням рекомендацій роботи [10]) виконувались зі швидкістю різання $V_p=7-10$ м/хв. При питомому тиску $p=0,05-0,07$ МПа. Матеріалом

спеціально підготовленого для доводки диску були: глобулярний чавун, мідь, олово, скло марки «Пірекс».

Абразивна суспензія готувалась з мікропорошків карбіду кремнію зеленого (63С), електрокорунду білого (23А), електрокорунду білого хромчастого зі вмістом у складі абразиву оксиду хрому CrO до 2% (33А) та субмікронної пасти «діамантін» [16].

Зернистість мікропорошків складала 1; 3; 5; 10 мкм. Мікропорошки щільно змішувались у мастильно-охолоджувальній рідині зі складом: гас (65%), олеїнова кислота (35%). Утворена суміш крапельним методом подавалась у робочу зону доводки.

Параметри шорсткості поверхні оброблення R_a , непощинності H , ступінь наклепу K та глибини h його проникнення у тіло деталі для різних за своїм складом композитів наведені у табл.2.

Таблиця 2

Параметр шорсткості R_a , непощинність H , ступінь наклепу K та його глибина h при машинній доводці високолегованих композитних сплавів на основі штампованих та інструментальних сталей

Table 2

Roughness R_a parameter, run-out flatness H , mechanical hardening degree K and its depth h in superfine precision machining of high alloyed stamped and tool steel based composite alloys

Метод машинної доводки	Композити на основі сталей							
	11P3AM3Ф				7XГ2ВМФ			
	R_a , мкм	H , мкм	K	H , мкм	R_a , мкм	H , мкм	K	H , мкм
Чавунний диск Мікропорошок 63СМ10	0,12	1,9–2,0	2,1–2,5	2,5	0,13	2,1–2,3	2,0–2,2	2,3
Мідний диск Мікропорошок 63СМ14	0,13	2,0–2,5	2,2–2,6	2,3	0,14	2,5–2,6	2,1–2,2	2,3
Чавунний диск Мікропорошок 23АМ7	0,085	1,7–1,8	1,45	2,1	0,09	1,8–1,9	1,43	2,2
Мідний диск Мікропорошок 23АМ7	0,080	1,6–1,7	1,35	2,0	0,085	1,7–1,8	1,40	2,1
Чавунний диск Мікропорошок 23АМ3	0,075	1,5–1,6	1,40	1,9	0,080	1,6–1,7	1,45	2,0
Мідний диск Мікропорошок 23АМ3	0,065	1,4–1,5	1,30	1,8	0,070	1,3–1,4	1,65	1,9
Чавунний диск Мікропорошок 33АМ7	0,045	1,3–1,4	1,30	1,6	0,050	1,2–1,3	1,65	1,5
Мідний диск Мікропорошок 33АМ3	0,040	1,2–1,3	1,25	1,5	0,040	1,15–1,2	1,40	1,3
Олов'яний диск Паста «діамантін» 3мкм	0,035	1,1–1,2	1,22	1,4	0,035	1,1–1,2	1,30	1,2
Комбінована доводка (послідовно): а) чавунний диск мікропорошок 33АМ3 б) олов'яний диск Паста «діамантін»	0,030	0,50	1,1–1,2	1,10	0,037	0,065	1,13	1,25
Комбінована доводка (послідовно): а) чавунний диск мікропорошок 33АМ3 б) Скло «Пірекс» Паста «діамантін»	0,025	0,40	1,05	1,00	0,035	0,060	1,08	1,05

Примітка: 1 – швидкість різання $V_r = 7$ м/хв.; 2 – питомий тиск $p = 0,05$ МПа.

Таблиця 3

Параметр шорсткості R_a , непощинність H , ступінь наклепу K та його глибина h при машинній доводці високозносостійких композитних сплавів на основі алюмінію

Table 3

Roughness R_a parameter, run-out flatness H , mechanical hardening degree K and its depth h in superfine precision parts machining of high-wear resistant aluminum based composite alloys

Метод машинної доводки	Композити на основі алюмінію							
	AK12M2MгH				AM4,5Kд			
	R_a , мкм	H , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	H , мкм	K	h , мкм
Чавунний диск Мікропорошок 23AM3	0,072	1,4–1,5	1,35	1,8	0,063	1,2–1,3	1,37	1,7
Мідний диск Мікропорошок 23AM3	0,060	0,6–0,7	1,30	1,75	0,055	0,7–0,75	1,35	1,55
Чавунний диск Мікропорошок 33AM3	0,037	1,2–1,3	1,23	1,7	0,033	0,75–0,9	1,21	1,5
Мідний диск Мікропорошок 33AM3	0,033	0,9–1,1	1,17	1,6	0,030	0,75–0,8	1,15	1,4
Олов'яний диск Паста «діамантін» M3	0,030	0,5–0,7	1,15	1,3	0,025	0,65–0,7	1,13	1,3
Комбінована доводка (послідовно): а) чавунний диск Мікропорошок 33AM3 б) олов'яний диск Мікропорошок 33AM1 в) олов'яний диск Паста «діамантін» M1	0,025	0,4–0,5	1,07	1,2	0,023	0,60	1,12	1,2
Комбінована доводка (послідовно): а) чавунний диск Мікропорошок 33AM3 б) скло «Пірекс» Паста «діамантін» M1	0,020	0,3–0,4	1,05	0,9	0,020	0,55	1,07	1,0

Примітка: 1 – швидкість різання $V_r = 7$ м/хв.; 2 – тисомий тиск $p = 0,05$ МПа.

Аналіз даних, наведених у табл.2 та табл.3, показує, що найкращі результати (за всіма показниками якості поверхонь) отримані при обробленні на чавунних дисках і комбінованій машинній доводці з застосуванням послідовно чавунних дисків та дисків зі скла «Пірекс». При цьому машинна прецизійна доводка плоских поверхонь композитних деталей тертя здійснюється з використанням мікропорошків електрокорунду хромчастого зернистістю 3 мкм (33AM3) та паст «діамантін» M1. Це може бути пояснено з допомогою базових положень загальної теорії абразивної обробки матеріалів. Дійсно, доводка на чавунних дисках (завдяки наявності глобулярних вкраплень вуглецю на поверхні доводочного диску) призводить до стабілізації перерізу a_z стружки, яка зрізується з поверхні оброблення деталі, а це, в свою чергу, зумовлює рівномірність процесу, на певному рівні забезпечує стабільність дії складових сил різання і температурного поля безпосередньо на різальному лезі абразивного зерна. У сукупності створюються умови для забезпечення вимог якості поверхонь оброблення.

Доцільно звернути увагу на те, що доводка використання мікропорошків з карбіду кремнію зеленого 63С (табл.2) призводить до отримання найгірших показників якості. Мабуть, пояснити це можливо, якщо взяти до уваги обставину, що (не зважаючи на найгостріші параметри зерен карбіду кремнію зеленого у порівнянні з іншими абразивами – мінімальний радіус заокруглення радіуса при вершині зерна та мінімальний кут загострення) зерна карбіду кремнію зеленого мають пластинчасту форму. Отже, частина абразивних зерен не бере участі у процесі зрізування стружки, а лише ковзає по плоскій поверхні доводочного диска. Таким чином, для машинної доводки композитних деталей тертя рекомендувати використання мікропорошків карбіду кремнію зеленого 63С не має технічного сенсу.

Також експериментальні дані табл.2 і табл.3 також показують, що зменшення зернистості різальних мікропорошків зумовлює покращення всіх показників параметрів якості обробки, що повністю співпадає з засадничими положеннями теорії абразивного оброблення [15, 17–19].

З практичної точки зору, для проектування технологічних процесів прецизійної машинної доводки суттєве значення має знання закономірностей впливу на параметри якості режимів різання.

Деякі основні результати досліджень наведені у табл.4.

Таблиця 4

Вплив швидкостей різання V_p на параметри шорсткості R_a , ступеня наклепу K та його глибини h при машинній доводці деталей з високозносостійких композитних сплавів

Table 4

Cutting speed V_p influence on the roughness R_a parameters, mechanical hardening degree K and its depth h in superfine precision parts machining of high-wear resistant composite alloys

Швидкість різання V_p , м/хв	Тип композиційного сплаву											
	11РЗАМЗФ			7ХГ2ВМФ			АК12ММГН			АМ4,5Кд		
	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм
2	0,035	1,18	1,22	0,039	1,23	1,30	0,029	1,22	1,20	0,025	1,16	1,3
5	0,040	1,20	1,25	0,041	1,25	1,35	0,032	1,25	1,25	0,030	1,19	1,4
7	0,043	1,26	1,32	0,045	1,28	1,40	0,037	1,28	1,30	0,033	1,21	1,5
10	0,045	1,27	1,35	0,047	1,30	1,45	0,040	1,30	1,35	0,038	1,25	1,7

Примітка: 1 – питомий тиск $p = 0,05$ МПа; 2 – склад мастильно-охолоджувальної рідини – гас (~ 65%), олеїнова кислота (~ 35%); 3 – матеріал доводочного диска – чавун; 4 – абразивний мікропорошок – 3ЗАМЗ.

Таблиця 5

Вплив питомого тиску q на параметри шорсткості R_a , ступеня наклепу K та його глибини h при машинній доводці деталей з високозносостійких композитних сплавів

Table 5

Unit pressure q influence on the roughness R_a parameters, mechanical hardening degree K and its depth h superfine precision parts machining of high-wear resistant composite alloys

Питомий тиск q , МПа	Тип композиційного сплаву											
	11РЗАМЗФ			7ХГ2ВМФ			АК12ММГН			АМ4,5Кд		
	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм	R_a , мкм	K	h , мкм
0,05	0,043	1,26	1,32	0,045	1,28	1,40	0,037	1,28	1,30	0,033	1,21	1,5
0,06	0,050	1,30	1,35	0,055	1,35	1,45	0,040	1,30	1,35	0,038	1,25	1,55
0,07	0,055	1,40	1,50	0,060	1,45	1,5	0,045	1,35	1,40	0,040	1,30	1,65

Примітка: 1 – швидкість різання $V_p = 7$ м/хв.; 2 – склад мастильно-охолоджувальної рідини – гас (~ 65%), олеїнова кислота (~ 35%); 3 – матеріал доводочного диска – чавун; 4 – абразивний мікропорошок – 3ЗАМЗ.

Аналіз експериментальних даних табл.4 і табл.5 показує, що має місце тенденція до покращення шорсткості поверхні (по параметру R_a), зменшення ступеня наклепу K та глибини його проникнення h у тіло деталі з застосуванням для прецизійної машинної доводки мінімальних значень швидкості різання ($V_p=5-7$ м/хв.) та питомого тиску $q=0,05-0,07$ МПа). Ця закономірність прослідковується для всієї гами досліджених композитів і є засадничою як для сплавів на основі високолегованих штампованих і інструментальних сталей, так і для високозносостійких та важкооброблюваних композитів на основі алюмінію. Таке співпадання – не випадкове: воно свідчить про єдність закономірностей при здійсненні надтонких операцій зрізування стружки при прецизійній доводці. Пояснити це можна, якщо звернутися до основних теорій різання металів при абразивній обробці [15, 17–19].

Згідно з ними у процесі прецизійної машинної доводки зрізуються надтонкі стружки з мінімально можливим їх перерізом a_z . Зменшення швидкості різання V_p та питомого тиску доводки q призводить до мінімізації перерізу a_z , зумовлюючи перерозподіл складових сил різання на лезі абразивного зерна і значень миттєвих контактних температур безпосередньо у зоні оброблення. Це, в свою чергу, змінює умови різання абразивного зерна у процесі машинної доводки, створюючи найкращі умови для формування необхідних параметрів якості поверхонь оброблення, зокрема призводить до покращення параметрів шорсткості R_a , зменшення ступеня наклепу K та глибини h його проникнення у тіло деталі.

Дані табл.4 і табл.5 також показують, що параметри якості поверхні, яка обробляється прецизійною машинною доводкою, дещо кращі при обробленні композитів на основі алюмінію. Найімовірніше, це пояснюється більш легкою їх оброблюваністю у порівнянні з композитами на основі штампованих та інструментальних сталей, які містять у своєму складі лігатуру з вольфраму, ванадію, молібдену, нікелю, іридію та марганцю, що робить ці матеріали важкооброблюваними [7–9].

Одночасно необхідно зазначити, що досліджені режими різання при машинній доводці повністю забезпечують виконання надвисоких вимог якості до поверхонь оброблення зносостійких деталей тертя з нових композиційних сплавів для вузлів і механізмів машинних комплексів різного призначення.

Слід також звернути увагу на те, що запропоновані методи доводки змінюють вихідні властивості новітніх марок синтезованих композитів [1–6] лише на незначну величину, що (залежно від складу композиційного сплаву) лежить у межах 1,20–1,50 мкм. На сьогодні досягти кращих результатів з допомогою інших методів оброблення – неможливо [8, 9].

Висновки. Вперше виконано комплексне дослідження надтонких технологічних процесів прецизійної доводки високозносостійких та високолегованих антифрикційних композитних сплавів у широкому експериментальному спектрі – від ручної доводки з використанням найновітніших абразивних брусків природних родовищ до прецизійної машинної доводки з забезпеченням високих вимог до якості поверхонь оброблення деталей.

Показано, що на параметри якості поверхонь (шорсткість, ступінь та глибина наклепу) суттєво впливають матеріал та зернистість абразивних мікропорошків для доводки, а також матеріал доводочного диска та метод машинної доводки (послідовність застосування різних матеріалів доводочних дисків у поєднанні з раціональним використанням дрібнозернистих абразивних мікропорошків та субмікронних паст).

Найкращі показники якості поверхонь оброблення при ручній доводці забезпечують природні абразивні бруски з мікрокварцитів родовищ «Індій» (США), «Едіган» (Росія) та «Атасу» (Україна).

Для отримання гарантованих надвисоких параметрів якості деталей тертя з новітніх марок антифрикційних композитів прецизійну машинну доводку необхідно здійснювати, виконуючи такі рекомендації:

- матеріал доводочного диску – чавун;
- мікропорошки електрокорунду хромчастого зі вмістом абразиву оксиду хрому CrO до 1,5–2% зернистістю 3 мкм (33AM3);
- мастильно-охолоджувальна рідина зі складом – гас (~65%), олеїнова кислота (~35%);
- швидкість різання $V_p=5-7$ м/хв;
- питомий тиск $q=0,05-0,07$ МПа.

Подальші дослідження технологічних процесів тонкої машинної доводки доцільно спрямовувати на вивчення миттєвих контактних температур у зоні різання абразивного зерна, а також на дослідження формування у поверхневих шарах оброблення рівня та знаку залишкових напружень.

Conclusions. For the first time complex technological process of the precise machining of high-alloyed and new high-wear-resistance antifriction composite alloys in the wide experimental spectrum – from process of the hand machining using new abrasive hones of the nature deposits to the precise machinery machining which meet high requirement of the quality of the machined parts surfaces has been carried out.

It was shown, that the parameters of the surfaces quality (the roughness, cool working, its depth, cool working degree) are influenced greatly by the material and granularity of the abrasive grain for the machining as well as the material of the machining disk and the method of the machining (the regularity of the using different materials for the machining combined with the the rational using of micro granularity abrasives and submicron pastes).

It was proved, that the best results at the working surfaces quality are provided by hand machining with using the micro quartz from the deposits of «Indij» (USA), «Edigan» (Russia) and «Atasa» (Ukraine).

Recommendation for industry for machining the parts made of the new composite materials (material of abrasive, its granularity) and cutting parameters that corresponds the requirements for quality surfaces have been formulated.

To obtain the parameters of the surfaces quality for the parts of the printing machines made of new type of antifriction composites precision machining have been made with following recommendation:

- material for machining disk-is cast iron;
- chromium electro corundum micro powders containing chrome oxide CrO up to 1,5–2% with granularity 3 mm (33AM3);
- composition of the cool – oil liquid contain kerosene (~65%) and oleic acid (~35%);
- cutting speed $V_p=5-7$ m/min.;
- specific pressure $q=0,05-0,07$ VPa.

Further researches of the technological processes of the thin machining are worth being conducted in the research of momentary contact temperatures in the abrasive grain cutting gone and the residual stresses formation in the surface layers.

Список використаної літератури

1. Композиційний підшипниковий матеріал: пат. 60521 Україна: МПК С22С 33/02(2006.01) [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщюк; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т». – № 201013400; заявл. 10.11.2010 ; опублік. 25.06.2011, Бюл. №12. – С.3.
2. Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі: пат. 60522 Україна: МПК С22С 33/02(2006.01) [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщюк, О.О. Мельник; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т». – №201013401; заявл. 10.11.2010; опублік. 25.06.2011, Бюл. №12. – С.3.
3. Антифрикційний композиційний матеріал на основі інструментальної сталі пат. 102299 Україна: МПК С22С 33/02(2006.01) [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.А. Гавриш, П.О. Киричок, Ю.Ю. Віщюк, О.О. Мельник; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т». – №а201113514; заявл. 16.11.2011; опублік. 25.06.2013, Бюл. №12. – С.3.
4. Порошковий антифрикційний матеріал на основі алюмінію: пат. 60174А Україна: МПК С22С21/02(2006.01) [Текст] / О.Л. Комнацький, Т.А. Роїк; заявник і патентовласник Державне

підприємство «Науково-технічний центр артилерійсько-стрілецького озброєння. – №2003021517; заявл. 20.02.2003; опублік. 15.09.2003, Бюл. №9. – С.2.

5. Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію: пат. 34407 Україна: МПК С22С21/02 [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, В.В. Холякко, О.М. Прохоренко; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т». – №U200803173; заявл. 12.03.2008; опублік. 11.08.2008, Бюл. №15. – С.3.

6. Антифрикційний матеріал на основі алюмінію: пат. 26862 Україна : МПК С22С21/02(2006.01) [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок, О.А. Гавриш; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т». – №U200705653; заявл. 22.05.2007; опублік. 10.10.2007, Бюл. №16. – С.2.

7. Роїк, Т.А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації: монографія [Текст] / Т.А. Роїк, П.О. Киричок, А.П. Гавриш. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 404 с.

8. Киричок, П.О. Технологія поліграфічного машинобудування: навч. посіб. [Текст] / П.О. Киричок, Т.А. Роїк, А.В. Шевчук, та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 504 с.

9. Роїк, Т.А. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин: монографія [Текст] / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, П.О. Киричок та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 507 с.

10. Прецизійна машинна доводка плоских поверхонь деталей тертя з композитів на основі алюмінію для технологічних процесів [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, І.Є. Дорфман, Ю.Ю. Віщок // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – К. – 2014. – №4. – С.81–91.

11. Залишкові напруження при прецизійній машинній доводці поверхневих шарів деталей зі зносостійких алюмінієвих композитів для поліграфічної техніки [Текст] / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віщок // Прогрессивные технологии и системы машиностроения (Международный сборник научных трудов). – 2014. – №2(48). – С.87–92.

12. Гавриш, А.П. Вплив технологічних факторів оброблення на продуктивність прецизійної машинної доводки поверхонь тертя деталей зі зносостійких композитів для поліграфічних машин [Текст] / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, П.О. Киричок, Ю.Ю. Віщок // Технологія і техніка друкарства. – 2014. – №3. – С.47–57.

13. Фінішне оброблення зносостійких деталей друкарських машин: монографія [Текст] / П.О. Киричок, Т.А. Роїк, А.П. Гавриш та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 480 с.

14. Гавриш, А.П. Доводка магнитных головок абразивными брусками отечественных месторождений [Текст] / А.П. Гавриш, Б.Г. Ковенский. – Информационно-справочный листок, №021165, изд. Мин-ва радиопром. СССР. – 1970. – 21 с.

15. Гавриш, А.П. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: монографія / А.П. Гавриш, П.П. Мельничук. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 552 с.

16. Обеспечение качества поверхностей деталей из магнитомягких сплавов прецизионной доводкой: монография [Текст] / Т.А. Роик, П.А. Киричок, А.П. Гавриш и др. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 232 с.

17. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов [Текст] / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.

18. Ящерицын, П.И. Прогрессивная технология финишной обработки деталей [Текст] / П.И. Ящерицын. – Минск: Беларусь, 1989. – 312 с.

19. Лавриненко, В.І. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: Енциклопедичний довідник [Текст] / В.І. Лавриненко, М.В. Новіков. – К.: Вид. ІНМ НАН України, 2013. – 456 с.

Отримано 07.10.2014