

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.3

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, С.М. Зигуля, Ю.Ю. Віцюк

Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна

### ПРЕЦИЗИЙНА МАШИННА ДОВОДКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

**Background.** Researches of fine processes of precision machining of wear-resisting friction parts' plane surfaces from new composite materials based on die and instrumental steel wastes for technological complexes of printing machine building enterprises and also for machine tool systems of light and food industries of national economy of Ukraine were presented in the article.

**Objective.** The purpose of this paper is to determine the quality parameters of precision machining with such new composite materials as 85X6HФТ, 11P3AM3Ф, P6M5K5, P6M5Ф3, 4XМФТС, 4X2B5MФ and also to determine the effect of technological processing parameters on quality indexes of treated surfaces.

**Methods.** Fine processes of precision machining of friction parts' plane surfaces were carried out with C-15 machine tool. Disc material for fine machining is cast iron. As abrasive finishing micropowders were used grains of white chrome electrocorund with the percentage composition of chromium oxide from 1.0 to 2 % (32A), titanium electrocorund with the percentage composition of titanium oxide from 1.5–2 % (37A), borazon (BN) and artificial diamond (AC). Granulosity of abrasive powders for fine machining is 1–14 μm. Composition of lubricating cooling liquid was mixture of kerosene (70 %) and industrial oil U16 (30 %).

**Results.** It was demonstrated the technological factors of fine precision machining development such as cutting parameters, material and granulosity of abrasive powders for fine machining and also composition of lubricating cooling liquid essentially influence the quality of surface's parameters of researched parts. The best results were obtained when using cast iron discs for finishing precision machining development, grains of artificial diamond (AC), borazon (BN) and white chrome electrocorund with the percentage composition of chrome oxide from 1.0 to 2 % (32A) with granulosity 1–14 μm and at the same time with use of kerosene (70 %) + industrial oil U16 (30 %) mixture.

**Conclusions.** For the first time it was shown the main regularities of fine precision machining parts' plane surfaces from new composite materials based on stamp and die steel wastes meet fundamental regulations of super fine abrasive grinding in general theory. The recommendations for choice of cutting parameters for different technological purpose that are manufactured from composite alloys based on stamp and instrumental steels wastes are developed.

**Keywords:** new composite materials; friction parts; precision machining; fine-grain abrasive powders; technological processes of treatment.

#### Вступ

У конструкціях новітнього обладнання поліграфічної галузі, а також у сучасних машинах легкої та харчової промисловості широко застосовують зносостійкі композитні матеріали, які одержані з цінної та дешевої сировини – промислових шліфувальних відходів високолегованих, зокрема штампових та швидкорізальних, інструментальних сталей. Ці відходи містять велику кількість елементів, які є гостродефіцитними в народному господарстві України, а саме – вольфрам, титан, молібден, ванадій, ніобій, нікель, мідь та інші. На жаль, навіть сьогодні ця сировина у вигляді відходів основного виробництва промислових підприємств вивозиться у відвали і не використовується у повторному циклі виробництва.

На основі розгалужених науково-дослідних робіт з регенерації та повторного використання у виробничому циклі цих сировинних ресурсів [1–6] в останні роки були створені

оригінальні зносостійкі композитні сплави на базі високолегованих інструментальних сталей 85X6HФТ, 11P3AM3Ф, P6M5K5, P6M5Ф3, 4XМФТС і 4X2B5MФ. Вони пройшли всебічну перевірку в умовах дії агресивного навколишнього середовища (кисень повітря, виробничий пил з абразивною властивістю, температурні навантаження при експлуатації в межах 750–800 °С, питомі тиски – 5–8МПа) і широко застосовуються для виготовлення деталей тертя (скоб, напрямних, плоских вкладнів "пальців" автооператорів, підтримувачів конвеєрних систем) у ножових різальних машинах поліграфії типу WOHLENBERGTrim-tec 560, у висікальному обладнанні паперу та картону DROSSERTST-6, BOBMISTRAL 110 A2, у машинах легкої промисловості (в автооператорах панчохов'язальних машин типу PALERMO-105 SR, укладачах швидкісних ткацьких верстатів SPRINT-1205Pi) та в машинах харчової промисловості (у лоткових системах, маніпуляторах і затискувачах).

Відомо [1, 2], що зносостійкість деталей як один із головних параметрів якості поверхонь тертя залежить насамперед від шорсткості та фізичних властивостей поверхневого шару, які формуються на фінішних операціях тонкого абразивного оброблення.

У зв'язку з тим що нові високолеговані композитні сплави почали використовуватись у технологічних комплексах відносно нещодавно, розгалужених та всебічних досліджень процесів їх тонкого абразивного оброблення досі практично немає. Зроблено лише перші кроки у цьому напрямі [1, 4].

З урахуванням загальних положень теорії абразивного оброблення матеріалів [7–10] і специфічних властивостей композитних сплавів на основі сталей [1, 2, 5], безумовно, доцільною є обробка високоточних плоских поверхонь деталей тертя з новітніх марок високолегованих зносостійких композитів на основі інструментальних сталей за схемою “тонке високоточне шліфування – прецизійна механічна доводка”. Така схема оброблення гарантує додержання надвисоких вимог до поверхонь тертя композитних деталей, які є засадничими для забезпечення високих параметрів надійності пар тертя (зносостійкості, довговічності, ремонтоздатності та коефіцієнта готовності). Наприклад, для прецизійних опор конвеєрних систем поліграфічних комплексів, ці вимоги є такими:  $R_a$  має перебувати в межах 0,020–0,040 мкм, неплоскостність на базі 60×60 мм – 0,05–0,08 мкм, ступінь наклепу  $K = 1,4–1,5$ , глибина наклепу  $h = 2–5$  мкм, залишкові напруження у поверхневому шарі – стиск.

На жаль, на сьогодні повністю відсутні відомості про дослідження технологічних процесів прецизійної машинної доводки деталей із високолегованих композитів на основі інструментальних сталей. Швидше за все, це пояснюється тим, що ці композитні матеріали лише нещодавно набули поширення у промисловості. Зроблено лише перші спроби з дослідження параметрів шорсткості поверхонь наклепу, залишкових напружень поверхневих шарів деталей із нових високолегованих композитів при тонкому шліфуванні (абразивному, алмазному, ельборовому, кубанітовому) плоских поверхонь, поверхонь отворів та зовнішніх циліндричних поверхонь деталей обертання, а також з розроблення оптимальних режимів різання, вибору структури і складу шліфувальних інструментів [1, 2, 5, 6].

У науково-технічній літературі є багато публікацій з машинної доводки плоских прецизійних поверхонь деталей із важкооброблюваних матеріалів для систем різного призначення [10, 11].

Науковцями та практикою провідних машинобудівних підприємств доведено, що застосування прецизійної машинної доводки з використанням сучасних абразивних інструментів дає змогу отримати найкращі показники якості оброблюваних поверхонь.

Утім відсутність науково обґрунтованих рекомендацій з високоточної машинної доводки деталей із композитних сплавів на основі високолегованих сталей призводить до застосування на практиці різних технологічних схем оброблення, далеко не завжди оптимальних.

Вказане викликає поширення різних технологій, часто суттєво суперечливих і здебільшого створених з урахуванням можливостей того чи іншого підприємства.

Тому дослідження технологічних процесів прецизійної машинної доводки плоских поверхонь зносостійких деталей тертя з нових композитних матеріалів на основі інструментальних сталей є актуальним питанням, що має безсумнівне як наукове, так і, що не менш важливо, практичне значення для технологів-виробничників.

### Постановка задачі

Метою роботи є дослідження параметрів якості поверхонь при прецизійній машинній доводці деталей тертя з нових композитних матеріалів 85X6HФТ, 11P3AM3Ф, P6M5K5, P6M5Ф3, 4XMФТС та 4X2B5MФ і встановлення впливу технологічних параметрів обробки (матеріалу зерна абразиву для доводки, його зернистості, режимів різання – питомого тиску, швидкості різання тощо) на показники якості оброблених поверхонь (параметри шорсткості, такі як  $R_a$ , мікротвердість  $H$ , структурні характеристики поверхні – мікронапруження II роду  $\Delta a/a$ , розмір блоків  $D$ ).

### Матеріали і результати досліджень

Доводка є фінішною операцією технологічного процесу механічної обробки, і тому стан поверхневого шару композиту після доводки безпосередньо впливає на такі експлуатаційні властивості деталей машин, як їх зносостійкість і довговічність.

**Таблиця 1.** Фізико-механічні й антифрикційні властивості композитних сплавів, синтезованих зі шламових відходів штампових та інструментальних сталей

Матеріал	Межа міцності на згин, МПа	Твердість, НВ, МПа (20 °С)	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт тертя	Інтенсивність зношування зразка, мкм/км	Інтенсивність зношування контртіла, мкм/км
Композит на основі інструментальної сталі 85Х6НФТ	570–600	860–920	750–760	0,0055–0,0085	0,5–0,8	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі 11РЗАМЗФ	590–620	850–910	770–790	0,0050–0,0080	0,45–0,70	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі Р6М5К5	530–540	760–870	710–720	0,0014–0,0020	0,25–0,27	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі Р6М5Ф3	520–530	770–880	670–680	0,0016–0,0023	0,29–0,32	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі 4ХМФТС	600–630	855–915	780–790	0,0055–0,0082	0,45–0,75	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі 4Х2В5МФ	570–610	770–810	750–800	0,0015–0,0017	0,27–0,30	Сліди

Основні властивості нових зносостійких матеріалів на основі сталей наведені в табл. 1.

Більшість наведених у табл. 1 матеріалів містять у своєму складі певну кількість (до 10–12 %) домішок твердого мастила у вигляді фториду кальцію  $\text{CaF}_2$ . Вони позитивно зарекомендували себе при роботі в жорстких умовах експлуатації і наразі широко використовуються у вузлах тертя машин і механізмів, здебільшого працюючи без змащування рідкими мастилами.

Нижче наведені результати дослідження якості поверхні (шорсткості, мікротвердості, залишкових напружень) зразків із високолегованих композитів 11РЗАМЗФ. Поверхні тертя цих зразків були оброблені методом прецизійної машинної доводки із застосуванням різних абразивних матеріалів (алмазу синтетичного АС, ельбору звичайної міцності ЛО, карбиду кремнію зеленого 63С, електрокорунду хромистого 33А з вмістом до 2 % оксиду хрому  $\text{CrO}$ , електрокорунду титанистого 37А з вмістом до 2 % оксиду титану  $\text{TiO}_2$ ). Для дослідів використовувались мікропорошки зернистістю М14 і М1.

Доводка виконувалась на прецизійному плоско-довідному верстаті С15 на чавунних притирах із застосуванням таких режимів різання: швидкість різання – 25 м/хв, питомий тиск – 0,5 МПа, змащувально-охолоджувальна рідина – суміш індустріального мастила У16 (~30 %) та гасу (~70 %), час доводки ~3 хв [12]. Вимірювання параметрів шорсткості –  $R_a$ , мікротвердості  $H$ , залишкових напружень – здійснено згідно з методикою, що наведена у працях [1, 2, 5, 6].

У результаті досліджень встановлено, що за 30 с доводки абразивами зернистістю М14 досягається значення  $R_a$  у межах 0,08–0,16 мкм (рис. 1). При цьому абразиви, які мають більш

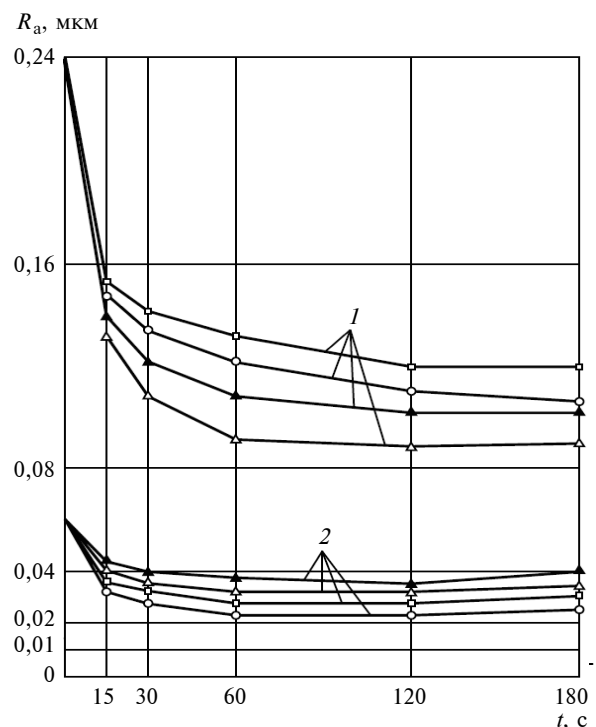


Рис. 1. Вплив часу доводки  $t$  композита 11РЗАМЗФ на  $R_a$  (питомий тиск – 0,5 МПа, швидкість різання – 25 м/хв): 1 – зернистість мікропорошків М14, 2 – зернистість мікропорошків М1;  $\square$  – обробка ельбором звичайної міцності ЛО,  $\circ$  – обробка титанистим електрокорундом 37А,  $\blacktriangle$  – обробка алмазом синтетичним АС,  $\blacklozenge$  – обробка карбідом кремнію зеленим 63С

гострі зерна (алмаз синтетичний АС та карбід кремнію зелений 63С), забезпечують отримання більш гладкої поверхні, ніж абразиви, що мають дещо більший радіус заокруглення вершини зерна (ельбор звичайної міцності ЛО та електрокорунд титанистий 37А) [6, 13].

Значення  $R_a$  поверхні оброблення композиту в межах 0,02–0,04 мкм можливо отримати в результаті доводки абразивами зернистістю М1 експериментальних зразків, попередньо доведених абразивами зернистістю М14 і додатково абразивами зернистості М7 (проміжна доводка). Цікаво зазначити, що у цьому випадку застосування титанистого електрокорунду та ельбору дає меншу шорсткість, ніж обробка алмазом синтетичним АС та карбідом кремнію зеленим 63С, що пояснюється більшою полірувальною дією абразивних зерен, які мають більш заокруглені вершини [14, 15].

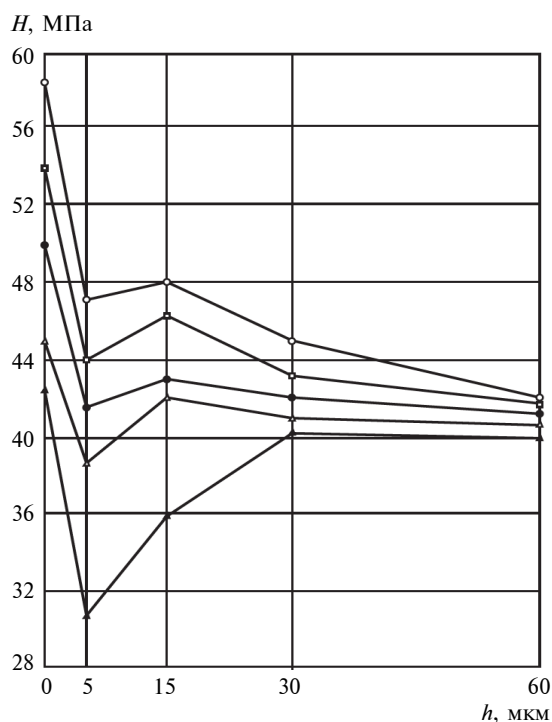


Рис. 2. Розподіл мікротвердості  $H$  по глибині поверхневого шару  $h$  при машинній доводці деталей із високолегованого зносостійкого композиту 4ХМФТС абразивними мікропорошками зернистістю 14 мкм (питомий тиск – 0,5 МПа, швидкість різання – 25 м/хв, час обробки – 120 с): ○ – доводка титанистим електрокорундом 37А; □ – доводка ельбором звичайної міцності ЛО; ● – доводка електрокорундом хромистим 32А; △ – доводка мікропорошками карбіду кремнію зеленого 63С; ▲ – доводка мікропорошками алмазу синтетичного АС

Результати дослідження мікротвердості поверхні, обробленої методом прецизійної машинної доводки, наведені на рис. 2.

Дані, наведені на рис. 2, підтверджують припущення про превалюючу роль пластичної деформації при обробці поверхонь мікропорошками титанистого електрокорунду та ельбору зернистістю М14. Зерна алмазу як найбільш гострі і тверді [5, 16, 17] при доводці переважно ріжуть поверхню деталі. Це дає приблизно на 27 % меншу мікротвердість, ніж застосування електрокорунду титанистого.

З рис. 2 також слідує, що крива мікротвердості поверхневого шару після доводки круто спадає при віддаленні від поверхні і на глибині близько 15 мкм переходить у плавну криву, яка відносно плавно знижується до рівня мікротвердості вихідного матеріалу (значення початкового стану). Також слід звернути увагу на істотну зміну мікротвердості на глибині 5 мкм від обробленої поверхні.

Виконані рентгенографічні та дифрактометричні дослідження підтвердили наявність змін фізичного стану шару на зазначеній глибині. В табл. 2 наведені значення структурних характеристик ( $D$  – розмір блоків,  $\Delta a/a$  – мікронапруження II-го роду,  $\rho$  – щільність дислокацій) експериментальних зразків, поверхні яких були оброблені методом прецизійної машинної доводки із застосуванням ріжучих абразивних мікропорошків із кубічного нітриду бору марки ЛО (ельбор звичайної міцності) зернистістю М14 (14 мкм). Вимірювання фізико-механічних характеристик здійснено на різних відстанях  $h$  від поверхні оброблення.

Таблиця 2. Фізичний стан поверхні високолегованого композита 4Х2В5МФ, яка була доведена ельбором М14

$h$ , мкм	$D \times 10^5$ , см	$\Delta a/a \times 10^3$	$\rho \times 10^{11}$ , см <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>
0	0,6	1,7	2,3
1,1	0,9	1,4	1,1
30,	0,7	1,4	1,7
5,2	0,6	1,6	2,3
10,0	0,8	1,9	1,2

Примітка. Довідний диск – чавун; режими різання: швидкість різання – 25 м/хв, питомий тиск – 0,5 МПа; час доводки – 180 с; склад змащувально-охолоджувальної рідини – індустріальне мастило U16 (30 %) + гас (70 %).

Дослідження показали, що доводка мікропорошками зернистістю 1 мкм (М1) забезпечує

отримання більш дрібних блоків, більших напружень II-го роду та більшої щільності дислокацій, ніж при обробці мікропорошками більшої зернистості, а саме М14. При цьому більшою подрібнювальною дією характеризуються мікрозерна карбиду кремнію зеленого 63С, меншою – зерна ельбору ЛО, і мінімальний вплив здійснюють мікропорошки алмазу синтетичного АС.

На основі експериментальних досліджень процесу прецизійної машинної доводки високолегованих зносостійких композитів, створених на базі відходів штампованих і швидкорізальних інструментальних сталей, встановлено, що при доводці в поверхневому шарі утворюються залишкові напруження на рівні 4,0–6,5 МПа.

З досліджених абразивних матеріалів найбільші залишкові напруження виникають у результаті дії зерен ельбору ЛО, а найменші – у результаті використання мікропорошків синтетичного алмазу АС. Це може бути пояснено принципово різними механізмами процесу доводки цими матеріалами [14–17]. Крім того, дослідження показали, що перехід від зернистості М14 до М1 при машинній доводці зумовлює підвищення рівня залишкових напружень для мікропорошків із синтетичних алмазів АС приблизно на 17 %, для всіх інших абразивів – на 8–10 %.

Серед режимів різання машинної доводки найбільше впливає на рівень та глибину розповсюдження залишкових напружень питомий тиск. При його збільшенні залишкові напруження зростають. Для мікропорошків зернистості М1 це зростання є більш помітним, ніж для абразивів зернистістю М14.

## Висновки

Уперше в науковій практиці досліджено технологічні процеси прецизійної машинної доводки плоских поверхонь деталей тертя із

нових високолегованих зносостійких композитних матеріалів, синтезованих на основі утилізованих та регенованих шліфувальних відходів штампових і швидкорізальних сталей, що відкриває можливості одержання високоякісних деталей тертя з нових композитів для технологічних комплексів.

Показано, що основні закономірності прецизійної машинної доводки деталей зі зносостійких композитів на базі високолегованих сталей збігаються з базовими положеннями теорії абразивного оброблення, що є додатковим вкладом в науку про технологію машинобудування.

Найкращі показники  $R_a$ ,  $H$ ,  $\Delta a/a$ ,  $D$ ,  $\rho$ , параметрів спотворень поверхневого шару та глибини їх проникнення в тіло деталі оброблення забезпечуються прецизійною машинною доводкою плоских поверхонь із застосуванням чавунних дисків-притирів, використанням дрібнозернистих (1–14 мкм) мікропорошків синтетичного алмазу АС, ельбору ЛО та електрокорунду хромистого 33А з вмістом до 2 % оксиду хрому  $CrO_3$ , а також такими режимами обробки: швидкість різання – 20–25 м/хв, питомий тиск – 0,1–0,5 МПа, змащувально-охолоджувальна рідина – суміш складу: гас (70 %) + індустріальне мастило U16.

Подальші дослідження процесів прецизійної машинної доводки доцільно виконувати у напрямі вивчення впливу технологічних факторів оброблення на параметри якості поверхонь нових марок зносостійких композитних сплавів, створених останніми роками на основі кольорових матеріалів (міді, нікелю).

Безумовно, корисними можуть бути теоретичні напрацювання, що повинні створити базу для розуміння надтонких процесів різання композитів абразивним зерном при машинній доводці з урахуванням взаємодії складових сил різання та миттєвих контактних температур у зоні оброблення та зрізання мікростружки.

## Список літератури

1. Роїк Т.А., Киричок П.О., Гавриш А.П. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації. – К.: НТУУ “КПІ”, 2007. – 404 с.
2. Новітні технології виробництва стандартизованих виробів / О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщок, Т.А. Роїк, А.П. Гавриш. – К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 204 с.
3. Роїк Т.А., Гавриш А.П., Киричок П.О. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин: – К.: НТУУ “КПІ”, 2014. – 404 с.
4. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
5. Ящерицын П.И. Прогрессивная технология финишной обработки деталей. – Минск: Беларусь, 1989. – 312 с.

6. Байкалов А.К. Введение в теорию шлифования. – К.: Наук. думка, 1978. – 207 с.
7. Лавриненко В.І., Новіков М.В. Надтверді абразивні матеріали в механообробні. – К.: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.
8. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. акад. НАН Украины Н.В. Новикова, д.т.н. С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 607 с.
9. Гавриш А.П., Мельничук П.П. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 552 с.
10. Обеспечение качества поверхностей деталей из магнитомягких сплавов прецизионной доводкой / Т.А. Роик, П.А. Киричок, А.П. Гавриш и др. – К.: НТУУ “КПІ”, 2013. – 232 с.
11. Кремень З.И. Применение новых видов микропорошков для окончательной доводки плоскопараллельных концевых мер длины // Абразивы. – 1981. – № 6. – С. 45–51.
12. Кремень З.И., Певзнер Р.Л., Гавронская Т.Ю. Методы исследования шаржированной поверхности доводочных притирков // Абразивы. – 1993. – № 6. – С. 34–41.
13. Соколов С.П. Тонкое шлифование и доводка. – М.: Машиностроение, 1981. – 296 с.
14. Тигров Т.В. Новые конструкции доводочных станков // Обработка на шлифовальных и доводочных станках. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 54–60.
15. Филиппин А.Т., Пичета К.В. Механизация трудоемких ручных отделочных операций в машиностроении. – М.: ВИНТИ, 1979. – 211 с.
16. Прецизійна машинна доводка плоских поверхонь деталей тертя з композитів на основі алюмінію для технологічних процесів / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, І.Є. Дорфман, Ю.Ю. Віцюк // Вісник КНУТД. – 2014. – № 4. – С. 81–91.
17. Сверхтвердые материалы. Получение и применение. В 6 т. // Под общ. ред. акад. НАН Украины Н.В. Новикова. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Т. 6. Алмазно-абразивный инструмент в технологиях обработки / Под ред. А.А. Шепелева. – 340 с.

## References

1. T. Roik *et al.*, *Composite Bearing Material for High Operating Conditions*. Kyiv, Ukraine: NTUU KPI, 2007, 404 p. (in Ukrainian).
2. O. Gavrish *et al.*, *The Newest Technology of Standardized Products*. Kyiv, Ukraine: NTUU KPI, 2012, 204 p (in Ukrainian).
3. P. Kyrychok *et al.*, *Finishing Processing Wear-Resistant Parts Presses*. Kyiv, Ukraine: NTUU KPI, 2014, 404 p. (in Ukrainian).
4. E. Maslov, *Theory of Material Grinding*. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 1974, 320 p. (in Russian).
5. P. Yascheritsyn, *The Advanced Technology for Finishing Details*. Minsk, Belarus: Belarus, 1989, 312 p. (in Russian)
6. A. Baykalov, *Introduction to Grinding*. Kyiv, Ukraine: Naukova Dumka, 1978, 207 p. (in Russian)
7. V. Larinenko and M. Novikov, *Nadtverdi Abrazivni Materiali in Mehanoobrobni*. Kyiv, Ukraine: V.N. Bakul ISM of NASU, 2013, 456 p. (in Russian)
8. *Superhard Material Tools*, N. Novikov and S. Klimenko, Eds. Moscow, Russia: Mashinostroenie, 2014, 607 p. (in Russian).
9. A. Gavrish and P. Melnichuk, *Finishna Diamond Abrasive Obrobka Magnitnih Materialiv*. Zhytomyr, Ukraine: ZHDTU, 2004, 552 p. (in Ukrainian).
10. T. Roik *et al.*, *Ensuring the Quality of Part Surfaces of the Magnetic Alloys by Precision Fine-Tuning*. Kyiv, Ukraine: NTUU KPI, 2013, 232 p. (in Ukrainian).
11. Z.I. Kremen, “Application of new types of micropowders for final polishing of plane-parallel end measures of length”, *Abrazivny*, no. 6, pp. 45–51, 1981 (in Russian).
12. Z.I. Kremen *et al.*, “Methods for caricatured surface of finishing lapps”, *Abrazivny*, no. 6, pp. 34–41, 1993 (in Russian)
13. S. Sokolov, *Fine Grinding and Finishing*. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 1981, 296 p. (in Russian).
14. T. Tigers, “New construction finishing machines”, in *The Grinding and Honing Machine Processing*. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 1989, pp. 54–60 (in Russian).
15. A. Filipkin and K. Picheta, *Mechanization of Labor-Intensive Hand-Finishing Operations in Engineering*. Moscow, USSR: VINITI, 1979, 211 p. (in Russian).
16. A. Gavrish *et al.*, “Precision tuning machine flat surfaces of friction composites for aluminum-based processes”, *Visnyk KNUVD*, no. 4, pp. 81–91, 2014 (in Ukrainian).
17. *Super Hard Materials. Preparation and Use*, N.V. Novikov, Ed., vol. 6, *Diamond Abrasive Tools in Processing Technologies*, A. Shepelev, Ed. Kyiv, Ukraine: V.N. Bakul ISM of NASU, 2007, 340 p. (in Russian).

**А.П. Гавриш**, Т.А. Роїк, С.М. Зигуля, Ю.Ю. Віцюк

#### ПРЕЦИЗИЙНА МАШИННА ДОВОДКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

**Проблематика.** Дослідження процесів прецизійної машинної доводки плоских поверхонь деталей тертя з нових композитних матеріалів на основі відходів штампових та інструментальних сталей для технологічних комплексів підприємств поліграфічного машинобудування, а також для верстатних систем легкої та харчової галузей промисловості народного господарства України.

**Мета дослідження.** Метою роботи є дослідження параметрів якості поверхонь при прецизійній машинній доводці деталей тертя з нових композитних матеріалів 85Х6НФТ, 11РЗАМЗФ, Р6М5К5, Р6М5Ф3, 4ХМФТС, 4Х2В5МФ та встановлення впливу технологічних параметрів обробки на показники якості оброблених поверхонь.

**Методика реалізації.** Прецизійна механічна доводка плоских поверхонь деталей виконувалась із використанням верстатів С-15. Матеріал дисків для доводки – чавун. Як абразивні довідні мікропорошки використовувались зерна електрокорунду білого хромистого із вмістом оксиду хрому 1,0–2,0 % (33А), електрокорунду титанового із вмістом титану 1,5–2 % (37А), ельбору (ЛО) та синтетичного алмазу (АС). Зернистість абразивних мікропорошків – 1–14 мкм. Змащувально-охолоджувальна рідина: гас (70 %) + індустріальне мастило U16 (30 %).

**Результати дослідження.** Доведено, що на параметри якості поверхні оброблення суттєво впливають технологічні фактори процесів прецизійної механічної доводки – режими різання, матеріал та зернистість абразивних порошків для фінішного оброблення, а також склад змащувально-охолоджувальної рідини для оброблення. Найкращі результати отримані при застосуванні для фінішної прецизійної доводки чавунних дисків, зерен синтетичного алмазу (АС), ельбору (ЛО) та білого електрокорунду хромистого із вмістом оксиду хрому 1,0–2,0 % (33А) зернистістю 1–14 мкм та використанням як змащувально-охолоджувальної рідини суміші складу: гас (70 %) + індустріальне мастило U16 (30 %).

**Висновки.** Уперше показано, що основні закономірності прецизійної машинної доводки плоских поверхонь деталей із матеріалів на основі відходів штампових та інструментальних сталей збігаються з фундаментальними положеннями загальної теорії надтонкого абразивного оброблення. Розроблено рекомендації для прецизійної машинної доводки деталей різного технологічного призначення, що виготовляються з композитних сплавів на основі відходів штампових та інструментальних сталей.

**Ключові слова:** нові композитні матеріали; деталі тертя; прецизійна машинна доводка; дрібнозернисті абразивні порошки; технологічні процеси оброблення.

**А.П. Гавриш**, Т.А. Роик, С.М. Зигуля, Ю.Ю. Вицюк

#### ПРЕЦИЗИОННАЯ МАШИННАЯ ДОВОДКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗНОСОСТОЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВИСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

**Проблематика.** Исследование процессов прецизионной машинной доводки плоских поверхностей деталей трения из новых композитных материалов на основе отходов штамповых и инструментальных сталей для технологических комплексов предприятий полиграфического машиностроения, а также для станочных систем легкой и пищевой промышленности народного хозяйства Украины.

**Цель исследования.** Целью работы является исследование параметров качества прецизионной доводки деталей трения из новых композитных материалов 85Х6НФТ, 11РЗАМЗФ, Р6М5К5, Р6М5Ф3, 4ХМФТС, 4Х2В5МФ и установление влияния технологических параметров обработки на показатели качества обработанных поверхностей.

**Методика реализации.** Прецизионная механическая доводка плоских поверхностей деталей выполнялась с использованием станков С-15. Материал дисков для доводки – чугун. В качестве абразивных доводочных микропорошков использовались зерна электрокорунда белого хромистого с содержанием оксида хрома 1,0–2,0 % (33А), электрокорунда титанового с содержанием титана 1,5–2 % (37А), эльбора (ЛО) и синтетического алмаза (АС). Зернистость абразивных микропорошков – 1–14 мкм. Смазочно-охлаждающая жидкость: керосин (70 %) + индустриальное масло U16 (30 %).

**Результаты исследования.** Доказано, что на параметры качества обрабатываемой поверхности существенно влияют технологические факторы процессов прецизионной механической доводки – режимы резания, материал и зернистость абразивных порошков для финишной обработки, а также состав смазочно-охлаждающей жидкости. Лучшие результаты получены при использовании для финишной прецизионной доводки чугунных дисков, зерен синтетического алмаза (АС), эльбора (ЛО) и белого электрокорунда хромистого с содержанием оксида хрома 1,0–2,0 % (33А) зернистостью 1–14 мкм и с использованием в качестве смазочно-охлаждающей жидкости смеси состава: керосин (70 %) + индустриальное масло U16 (30 %).

**Выводы.** Впервые показано, что основные закономерности прецизионной машинной доводки плоских поверхностей деталей из материалов на основе отходов штамповых и инструментальных сталей совпадают с фундаментальными положениями общей теории сверхтонкой абразивной обработки. Разработаны рекомендации для прецизионной машинной доводки деталей различного технологического назначения, изготовленных из композиционных сплавов на основе отходов штамповых и инструментальных сталей.

**Ключевые слова:** новые композитные материалы; детали трения; прецизионная машинная доводка; мелкозернистые абразивные порошки; технологические процессы обработки.

Рекомендована Радою  
Видавничо-поліграфічного інституту  
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
25 листопада 2015 року