

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», м. Київ

НОВІ СХЕМИ АЛМАЗНОГО ХОНІНГУВАННЯ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОМПОЗИТИВ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

Наведені результати досліджень технологічного процесу тонкого оздоблювального хонінгування деталей тертя поліграфічних машин, які були виготовлені з нових типів композитних сплавів, що синтезовані зі шліфувальних відходів високолегованих інструментальних сталей. Показано, що такий параметр якості поверхонь, як шорсткість, а також точність та продуктивність, суттєво залежать від схеми хонінгування, складу інструменту, його зернистості, типу зв'язки та режимів різання. Розроблено та досліджено нові схеми хонінгування, які забезпечують високі вимоги до параметрів якості. Сформульовані рекомендації для промисловості щодо вибору алмазних інструментів і режимів різання, які відповідають вимогам до якості поверхонь оброблення деталей тертя ротаційних поліграфічних машин.

Ключові слова: нові композитні сплави, оздоблювальне хонінгування, якість поверхні, поліграфічні машини.

A.P. GAVRISH, T.A. ROIK, S.M. ZYHULYA, I. VITSIUK
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

NEW SCHEMES OF DIAMOND HONING-PROCESS OF HIGH-ALLOYED COMPOSITES OF DETAILS FRICTION FOR PRINTING MACHINES

In the article the research results of the technological process of the thin fine honing-process of the details friction for printing machines, which were sintered from grinding wastes high-alloyed instrumental steels have been presented. It was show that such parameters of surface's quality essentially depend from the scheme of honing-process, parameters of the instrument, size of the grain abrasive, type of the bond and parameters of cutting. We made also the new schemes of honing-process and made their research, which esurience the high requirements at parameters of the quality surface and exactness. The practical recommendations for the industry were formulated fore choice of diamond instruments and cutting parameters, which satisfy requirements at quality surfaces details friction for rotary printing machines.

Keywords: new composite alloys, fine honing-process, new schemes of honing-process, quality surface, printing machines.

Вступ

Розвиток сучасної техніки вимагає забезпечення високих параметрів надійності, працездатності та зносостійкості друкарських машин, їх вузлів і деталей тертя у широкому спектрі умов експлуатації від нормальних до екстремальних (швидкості обертання деталей тертя до 1–5 м/с, температура у зоні контакту деталей – 750 – 850°C, питомі тиски від 3 до 8 МПа, агресивне оточуюче середовище, абразивний виробничий пил). Одним із поширених видів деталей тертя, що експлуатуються у зазначених умовах, є підшипники ковзання високошвидкісних машин поліграфічної техніки, зокрема, найсучасніших ротаційних апаратів типу KBA Rapida – 6+L-TT-L (шести фарбова з двома лаковими секціями) фірми and Bauer AG (Германія), паперорізальних машин Wonlenberg Trim-tec 560 (Германія), висікальних апаратів Drossert ST-6 (Італія), деталей вузлів тертя газоперекачувальних станцій, компресорів магістральних газогонів та ін.

Створення нових композиційних матеріалів для важких умов експлуатації [1–5], з широким використанням як основи для них утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей (містять у своєму складі дефіцитні елементи – вольфрам, ванадій, молібден, ніобій, нікель, кадмій, мідь та ін.), переконливо довело наявність стабільно високих триботехнічних властивостей цих композитів [6].

Відомості стосовно технологічних засад виготовлення та прецизійної обробки нових композиційних сплавів детально наведені у роботах [1–5, 7]. Цими дослідженнями було доведено, що на строки служби деталей тертя з нових композитів впливають показники якості поверхонь оброблення, а саме, параметри шорсткості поверхонь R_a та властивості поверхневого шару, з якого абразивним 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 деталей пар тертя. З цією метою були створені технологічні процеси, де фінішна абразивна обробка здійснювалась із застосуванням методів тонкого абразивного, алмазного та ельборового шліфування, прецизійної машинної доводки та магнітно-абразивного оброблення [8–14].

На жаль, на сьогоднішній день розгалужених досліджень технологічних процесів хонінгування прецизійних деталей з високолегованих важкооброблюваних композитів не проведено. Це не дозволяє у повному обсязі використати можливості нових матеріалів для забезпечення вимог зростання зносостійкості та довговічності.

Саме це зумовило необхідність детального вивчення особливостей впливу оздоблювального хонінгування на параметри якості поверхневого шару деталей тертя, виготовлених з нових марок композитів. Виконання дослідів у цьому напрямку дає можливість науково обґрунтовано підходити до створення технологій надтонкого оздоблювального хонінгування композиційних деталей сучасними абразивними інструментами, а відтак, призначити (залежно від складу того чи іншого композитного

матеріалу) оптимальні режими різання.

Постановка задачі

Метою досліджень, наведених у даній роботі, є встановлення науково обґрунтованих режимів оздоблювального хонінгування поверхонь отворів деталей з нових композиційних сплавів, синтезованих на основі використання утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей 86Х6Н8Т, 11Р3АМЗФ, 7ХГ2ВМФ та ХН55ВТКЮ. Ці режими різання повинні забезпечити відповідні параметри якості поверхонь, що підлягають хонінгуванню, та забезпечити необхідний рівень експлуатаційних властивостей вузлів тертя поліграфічного обладнання.

Матеріали та результати досліджень

На сьогоднішній день в практиці підприємств з виготовлення друкарських машин достатньо чітко визначилась сфера технічної доцільності прецизійної доводки пастами (обробка вільним абразивом) та хонінгування (обробка зв'язаним абразивом). Хонінгування, у тому числі й алмазне, застосовується, як правило, для досягнення значень параметра шорсткості поверхні R_a у межах 0,04 – 0,16 мкм. При більш високих вимогах до шорсткості поверхні оброблення ($R_a = 0,01 – 0,02$ мкм) зазвичай застосовують доводку вільним абразивом. Проте процес доводки вільним абразивом має деякі досить суттєві недоліки: 1) значні витрати інструмента – доводочних притирів та паст на підприємствах (втрата чавунних притирів складає від 5 до 10 тис. шт. за рік), витрати на абразивні пасти – від 1,0 до 1,2 т в рік; 2) ця операція, як правило, здебільшого виконується вручну і є важкою та трудомісткою; 3) процес доводки недостатньо стабільний, внаслідок майже 100% залежності від суб'єктивних факторів (рівень кваліфікації робітника, його фізичний стан та самопочуття), що суттєво впливає як на хід реалізації безпосередньо технологічного процесу, так і на отриманні кінцеві результати.

Хонінгування, особливо алмазне, не має цих недоліків. Проте, при існуючих схемах оброблення не здатне забезпечити отримання мінімальних значень параметра шорсткості R_a . Нижче показано, що існують більш гнучкі схеми хонінгування, які здатні забезпечити виключно високі показники процесу оброблення, наприклад, досить реальним є можливість хонінгування до отримання параметру шорсткості R_a на рівні від 0,01 до 0,02 мкм і точності геометричної форми у межах від 0,5 до 0,8 мкм.

На сьогодні відомі дві схеми процесу хонінгування, які відрізняються методом здійснення радіальної подачі (розтиском) хонінгувальних брусків [15–19]:

- 1) Хонінгування з постійним номінальним тиском брусків на деталь;
- 2) Хонінгування з дозованою радіальною подачею хонінгувальних брусків на кожний двійний хід головки.

Перша схема отримала значно ширше розповсюдження. Більшість вітчизняних та закордонних хонінгувальних верстатів працюють саме за цією схемою через забезпечення достатньої продуктивності під час хонінгування (особливо під час алмазного) з порівняно низькою міцністю (наприклад, термічно не оброблені сталі і чавуни, алюмінієві та мідні сплави та ін.). Друга схема, під час якою дозована радіальна подача складає до 3 мкм на кожний хід, має незаперечні переваги при алмазному хонінгуванні матеріалів з високою міцністю.

Ця схема забезпечує зрізання з поверхонь оброблення припуску з достатньою продуктивністю, навіть для умов, коли розмір припуску складає лише декілька десятих часток міліметра.

Діаметральна точність отворів деталей, що оброблені за зазначеними схемами хонінгування, приблизно однакова. Для досягнення більш високих параметрів точності необхідно застосовувати пневматичні сильфонні прилади, які забезпечують активний контроль розмірів отворів. Корисно зауважити, що застосування цих приладів є безумовно доцільним під час хонінгування отворів, що мають розміри діаметрів від 50 мм і більше.

При обробці згідно першої схеми хонінгування невизначеною є величина радіальної подачі брусків, а при застосуванні другої схеми хонінгування – невизначеною є величина контактного тиску брусків на деталь.

Основною перевагою другої схеми є висока продуктивність під час обробки високоміцних матеріалів внаслідок більш високого контактного тиску брусків на деталь. За експериментальними даними контактний тиск при обробці високоміцних композитів 86Х6Н8Т, 11Р3АМЗФ, 7ХГ2ВМФ та ХН55ВТКЮ (при величині дозованої подачі від 1 до 2 мкм на подвійний хід) складає від 2 до 4 МПа. Зазначимо, що при обробці за першою схемою контактні тиски зазвичай коливаються у інтервалі від 0,3 до 1,5 МПа (для алмазного хонінгування). Більш високі контактні тиски обумовлюють зростання глибини врізання зерен бруска в оброблюваний матеріал і, відповідно, збільшення продуктивності хонінгування.

Авторами статті запропоновані, розроблені, досліджені та впроваджені у виробництво дві нові схеми процесу хонінгування, які цільовим чином призначені для забезпечення високих параметрів якості поверхонь саме при хонінгуванні отворів деталей, що виготовлені з нових марок високолегованих, важкооброблюваних, зносостійких композитів, які синтезовані на базі використання шламових шліфувальних відходів штампкових та інструментальних сталей 86Х6Н8Т, 11Р3АМЗФ, 7ХГ2ВМФ та ХН55ВТКЮ.

Для подальшого аналізу ці схеми умовно позначимо номером три та чотири.

Третя схема реалізується за допомогою хонінгувальної головки, у якій алмазні бруски міцно закріплені і встановлені точно відносно осі головки. Основною особливістю цієї схеми, яка і відрізняє її від інших схем, є те, що інструмент заводять у отвір оброблення з певним діаметральним натягом, який являє собою різницю діаметрів головки та оброблюваного отвору деталі зі зносостійкого композиту. При заведенні

головки в отвір у системі «інструмент-деталь» виникають пружні зв'язки.

Для нормального здійснення процесу оброблення перехід за межі пружної області – неприпустимий. За такою схемою хонінгування на поверхнях дотику інструменту з деталлю виникають відповідні контактні тиски, що сягають високих значень (на початковій стадії оброблення високолегованих зносостійких композитів питомий тиск має значення від 140 до 180 МПа). Деталь, що пружно деформована, намагається повернутися до початкового стабільного стану. В ході зрізання припуску і поступового повернення деталі у початковий стабільний стан здійснюється (без впливу зовнішніх факторів) автоматична радіальна подача.

Надзвичайно важливим є те, що величина радіальної подачі (з початку циклу обробки однієї деталі) до кінця оброблення поступово зменшується до мінімуму. Це одночасно призводить до зменшення об'єму зрізання композита з поверхні оброблення, обумовлюючи поступове зниження контактного тиску та сил різання. Зменшення контактного тиску та сил різання (до певних значень) автоматично веде в кінці циклу хонінгування композитної деталі до переходу у режим виходження.

Усе це забезпечує отримання високої продуктивності (як наслідок високих контактних тисків та глибин врізання зерен у тіло деталі на першій стадії циклу оброблення), суттєвому покращенню шорсткості та точності оброблюваних отворів та різкому зменшенню питомих витрат алмазів (рис. 1).

У порівнянні з першою і другою третя схема хонінгування важкооброблюваних композитів на основі інструментальних сталей має ряд незаперечних та суттєвих переваг: відсутня необхідність застосування спеціальних механізмів для здійснення розтискування брусків, параметри шорсткості, точності та продуктивності значно вищі.

До недоліків слід віднести неможливість зрізання великих припусків (наприклад, при обробці композитного сплаву ХН55ВТКЮ припуск не повинен перевищувати значень від 0,07 до 0,08 мм) і підвищені витрати потужності у початковій фазі циклу оздоблювального хонінгування. У зв'язку з цим максимальний діаметр отвору обробки не повинен перевищувати 50 мм.

Високі результати за параметрами якості, що досягнуті завдяки застосуванню цієї схеми хонінгування високолегованих композитних сплавів (точність діаметрального розміру ~ від 1 до 1,5 мкм, овальність та конусність ~ від 0,8 до 1,1 мкм, шорсткість $R_a = 0,01 - 0,02$ мкм), а також суттєве зростання продуктивності у порівнянні з ручною доводкою пастами дозволили впровадити третю схему оздоблювального хонінгування для обробки широкої гами композитних матеріалів для різних деталей.

Так, наприклад, впровадження прецизійного оздоблювального хонінгування отвору малогабаритних підшипників ковзання зі сплаву 7ХГ2ВМФ діаметром 12 мм дозволило підвищити продуктивність праці майже у три рази. Стійкість одного комплекту алмазних брусків АСМ14Бр1 100% (товщина алмазного шару ~ 1 мм) склала близько 3500 шт. деталей, при цьому хони і надалі зберігали свої ріжучі властивості.

В основу четвертої схеми покладено застосування алмазних брусків на спеціальних еластичних зв'язках. Безпосередньо еластичний хонінгувальний брусок складається з двох шарів – алмазосного на одній з еластичних зв'язок Р1, Р4 або Р9 [17, 19] та еластичного прошарку, що, зазвичай, виготовляють з гуми. Коливання товщини підшару (від 1 до 10 мм) дозволяє змінювати еластичні можливості бруска у цілому в достатньо широких діапазонах. Четверта схема застосовується тільки для оздоблювального хонінгування отворів будь-яких розмірів, до параметрів шорсткості яких висувуються найвищі вимоги стосовно досягнення параметрів шорсткості поверхні на рівні $R_a = 0,005 - 0,01$ мкм (рис. 2).

Точність форми отвору під час процесу практично не змінюється, зрізання об'єму металу – незначне (від 1 до 1,5 мкм).

З точки зору фізичної сутності процесу різання основною відмінністю цієї схеми оброблення є автоматичне підтримання постійної глибини врізання алмазних зерен у поверхню отвору деталі, що повинна бути оброблена. Зміна умов хонінгування (наприклад, питомого тиску брусків на деталь) не змінюють глибини врізання зерен у поверхню композиту і характеризуються тільки ступенем занурення зерен в еластичну зв'язку.

Засалювання брусків практично неможливе. Завдяки цьому поверхня отвору має надзвичайно

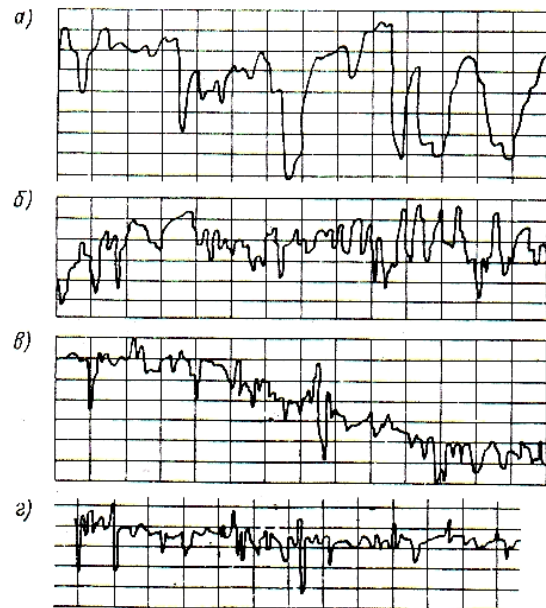


Рис. 1. Профілограми поверхонь на різних стадіях хонінгування алмазними брусками АСМ14Бр1 100% за третьою схемою (матеріал оброблення – композит на основі інструментальної сталі 11РЗАМЗФ): а) початкова шорсткість до обробки ($R_a = 0,24 - 0,42$ мкм, вертикальне збільшення - 4000); б) поверхня після хонінгування протягом 10 с ($R_a = 0,16 - 0,24$ мкм, вертикальне збільшення - 15000); в) поверхня після хонінгування протягом 20 с ($R_a = 0,08 - 0,16$ мкм; вертикальне збільшення - 15000); г) поверхня після хонінгування протягом 60 с ($R_a = 0,12 - 0,14$ мкм, вертикальне збільшення - 15000)

приємний профіль (з точки зору опорної поверхні).

Сама ж поверхня еластичних брусків може бути гладкою або рельєфною. Безпосередньо еластичність бруска та рисунок рельєфу визначаються в залежності від умов оздоблювального хонінгування.

Четверта схема хонінгування важкооброблюваних зносостійких композиційних матеріалів може бути використана під час обробки отворів поліграфічних деталей будь-яких розмірів. Виконувати додаткові вимірювання під час реалізації технологічного процесу не треба.

Корисно зауважити, що всі схеми оздоблювального хонінгування, які наведені вище, можуть бути успішно застосовані та здатні забезпечити отримання найкращих результатів щодо якості та продуктивності оброблення.

Особливо перспективна третя та четверта схеми оздоблювального хонінгування, які базуються на використанні пружних властивостей деталей або зв'язок та які забезпечують автоматичне (без зовнішнього впливу) регулювання процесу.

Висновки

Вперше досліджено питання оздоблювального хонінгування отворів деталей з нових важкооброблюваних композитів, синтезованих на основі утилізованих відходів інструментальних сталей, з точки зору формування поверхонь деталей тертя з мінімально можливою їх шорсткістю та досягнення найвищих показників продуктивності праці.

Запропоновано, всебічно досліджено та впроваджено у виробництво нові схеми хонінгування, для реалізації яких використовуються пружні властивості матеріалу деталі оброблення або еластичної зв'язки алмазно-абразивних інструментів.

Показано, що на параметри шорсткості та точності поверхонь отворів деталей впливають режими різання та склад хонінгувального бруска. Доведено, що найкращі результати забезпечують дрібнозернисті інструменти з синтетичних алмазів на еластичних зв'язках.

Розроблені практичні рекомендації для підприємств, які виготовляють поліграфічну техніку та деталі для виконання ремонтних робіт з відновлення працездатності друкарських машин.

Отримані технологічні рекомендації та регламенти можуть бути успішно застосовані і в інших галузях машинобудівельної промисловості, в яких здійснюється прецизійна обробка деталей з нових зносостійких марок високолегованих композитів.

Подальші дослідження процесу оздоблювального хонінгування доцільно продовжувати в напрямку прецизійної обробки композиційних матеріалів, які створені на основі використання відходів виробництва продукції з кольорових сплавів – алюмінію, нікелю, міді. Це дозволить розширити можливості технологів-виробників з проектування сучасних технологічних процесів і створить необхідні передумови для підвищення технологічних можливостей друкарського обладнання та їх споживчих характеристик.

Література

1. Роїк Т.А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації : монографія / Т.А. Роїк, П.О. Киричок, А.П. Гавриш. – К. : НТУУ „КПІ”, 2007. – 404 с.
2. Технологія поліграфічного машинобудування : навчальний посібник / [П.О. Киричок, Т.А. Роїк, А.В. Шевчук та ін.]. – К. : НТУУ „КПІ” ВПІ ВПК «Політехніка», 2014. – 504 с.
3. Роїк Т.А. Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні : монографія / Т.А. Роїк., А.П. Гавриш, О.А. Гавриш. – К. : ЕКМО, 2010. – 212 с.
4. Новітні технології виробництва стандартизованих виробів : монографія / [О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віцюк, Т.А. Роїк та ін.]. – К. : НТУУ „КПІ”, 2012. – 204 с.
5. Роїк Т. А. Новітні композиційні матеріали для деталей тертя поліграфічних машин : монографія / [Т.А. Роїк., А.П. Гавриш, П.О. Киричок та ін.]. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 524 с.
6. Гавриш А.П. Вплив абразивного інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні / А.П. Гавриш, А.В. Шевчук, Т.А. Роїк // Технологія і техніка друкарства. – 2012. – № 3 (37). – С. 119–127.

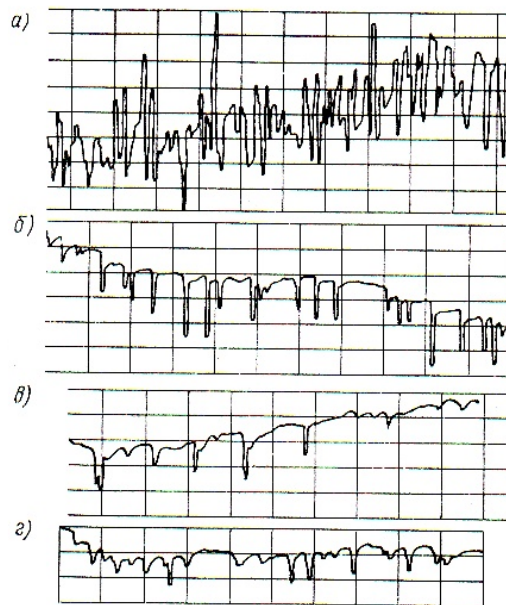


Рис. 2. Профілограми поверхонь на різних стадіях хонінгування брусками АСМ14Р-9-50 (товщина підшару – 3 мм; матеріал оброблення – композит 86Х6Н8Т): а) початкова шорсткість до обробки $R_a = 0,08 - 0,16$ мкм, вертикальне збільшення – 60000; б) поверхня після хонінгування протягом 60 с ($R_a = 0,02 - 0,04$ мкм, вертикальне збільшення - 120000); в) поверхня після хонінгування протягом 180 с ($R_a = 0,01 - 0,02$ мкм, вертикальне збільшення - 120000); г) поверхня після хонінгування протягом 300 с ($R_a = 0,01 - 0,015$ мкм, вертикальне збільшення - 120000)

7. Гавриш А.П. Аналіз параметрів якості поверхонь підшипників ковзання з композиційних сплавів для друкарських машин при абразивному шліфуванні / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 1. – С. 63–67.
8. Гавриш А.П. Вплив складу інструменту і режимів тонкого алмазного шліфування на шорсткість поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 5. – С. 80–86.
9. Гавриш А.П. Параметри якості поверхонь деталей тертя зі зносостійких композитів для друкарських машин при ельборовому шліфуванні / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцюк // Вісник Хмельницького Національного університету: Технічні науки. – 2013. – № 6. – С. 14–19.
10. Гавриш А.П. Прецизійна машинна доводка плоских поверхонь деталей тертя з композитів на основі алюмінію для технологічних комплексів / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, І.С. Дорфман // Вісник КНУДТ. – 2014. – № 4. – С. 195–211.
11. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації : монографія / [А.П. Гавриш, О.О. Мельник, Т.А. Роїк та ін.]. – К. : НТУУ „КПІ”, 2012. – 196 с.
12. Чеповецкий И.Х. Основы финишной алмазной обработки : монография / И.Х. Чеповецкий. – К. : Наукова думка, 1980. – 467 с.
13. Фрагин И.Е. Научные основы повышения точности и производительности хонингования : монография / И.Е. Фрагин. – М. : Машиностроение, 1975. – 320 с.
14. Лавриненко В.І. Надтверді абразивні матеріали в механічній обробці: Енциклопедичний довідник / В.І. Лавриненко, М.В. Новіков ; під заг. ред. акад. НАН України М.В. Новікова. – К. : ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.
15. Сверхтвердые материалы. Получение и применение : монография : в 6 т. Алмазно-абразивный инструмент в технологиях обработки / Под ред. А.А. Шепелева. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАНУ, 2007. – 340 с.
16. Инструменты из сверхтвердых материалов / под ред. С.А. Клименко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 608 с.

References

1. Roik T.A., Kirichok P.A., Gavrish A.P. Composite bearing materials to high conditions, monograph, K, "KPI", 2007, 404 p.
2. Kirichok P.A., Roik T.A., Shevchuk A.V. [et al.] The technology of printing machinery [Text]: study guide, K, "KPI", VPI MIC, "Politehnica", 2014, 504 p.
3. Roik T.A., Gavrish A.P., Gavrish O.A. Modern systems blanking production technologies in engineering, monograph, K, ESMO, 2010, 212 p.
4. Gavrish O.A., Vitsiuk I.I., Roik T.A. [et al.] New technologies of production of standardized products, monograph, K, "KPI", 2012, 204 p.
5. Roik T.A., Gavrish A.P., Kirichok P.A. [et al.] latest composite materials for friction parts of printing machines, monograph, K, NTU "KPI", 2014, 524 p.
6. Gavrish A.P., Shevchuk A.V., Roik T.A. [et al.] Effect of abrasive tools on surface roughness of composite bearings printing technology in thin grinding, Technology and technique of printing, № 3 (37), 2012, pp. 119 - 127.
7. Gavrish A.P., Kirichok P.A., Roik T.A. [et al.] Analysis of the quality of surfaces of bearings with composite alloys for printing machines with abrasive polishing, Scientific Proceedings of NTU "KPI", 2013, № 1, pp. 63 - 67.
8. Gavrish A.P., Kirichok P.A., Roik T.A. [et al.] Effect of composition tools and modes of fine diamond polishing roughness surfaces of composite bearings printing machines, K, Scientific Proceedings of NTU «KPI», 2013, № 5, pp. 80 - 86.
9. Gavrish A.P., Roik T.A., Vitsiuk I.I. [et al.] Quality parameters of surfaces friction, wear-resistant composites for printing machines at elborovomu grinding, Khmelnytsky, Bulletin Khmelnytsky National University, Engineering, № 6, 2013, pp. 14 - 19.
10. Gavrish A.P., Roik T.A., Dorfman I. [et al.] Precision machine parts tweak flat surfaces friction of composites based on aluminum for technological systems, K, Herald KNUDT, №4, 2014, pp. 195 - 211.
11. Gavrish A.P., Miller A.A., Roik T.A. [et al.] New technology finishing processing of composite bearings for harsh conditions, monograph, K, "KPI", 2012, 196 p.
12. Chepovetskyi I. H. Fundamentals fynyshnoy Diamond Monitor, monohrafiya, K, Scientific Thought, 1980, 467 p.
13. Frahn I. E. Nauchnie Fundamentals Improving accuracy and proyzvodyelnosty honynhovanyua [Text]: monohrafiya, Moscow, Mashinostroenie, 1975, 320 p.
14. Lavrynenko V.I., Novikov M.V. Superhard abrasives in machining, Encyclopedic Reference, Under the total. eds. Acad. National Academy of Sciences of Ukraine Mykola V. Novikova, K, ISM them. VN Bakul NAS Ukraine, 2013, 456 p.
15. Svertverdie materials. Getting and Application, monohrafiya 6 t., Pod Society. eds. NV Novikov, K, YSM th. VN Bakul NAS. - Almazno - Abrazyvnyi Tool to Monitor Technology, Ed. A. A Shepeleva, 2007, Vol 6, 340 p.
16. Instrumenty of svertverdi of materials, Ed. Acad. NAS NV Novikov, Ph. D. S. Klimenko, 2nd ed., Rev. and add, Moscow, Mashinostroenie, 2014, 608 p.

Рецензія/Peer review : 2.10.2014 р.

Надрукована/Printed : 29.11.2014 р.

Стаття рецензована редакційною колегією