

УДК 621.822.1:621.7.09

© А. П. Гавриш, д.т.н., професор, Т. А. Роїк, д.т.н., професор,
П. О. Киричок, д.т.н., професор, О. О. Мельник, к.т.н.,
доцент, Ю. Ю. Віцюк, к.т.н., доцент, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРОЦЕС ШЛІФУВАННЯ
ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОМПОЗИТІВ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ
МАШИН**

В статті наведені результати теоретико-експериментальних досліджень впливу фізико-механічних властивостей абразивних матеріалів на процес шліфування високозносоустійких композитів деталей тертя для поліграфічних машин, які були виготовлені з нових типів композиційних сплавів синтезованих на основі відходів штампових та інструментальних сталей. Розроблені рекомендації для промисловості.

Ключові слова: властивості абразивних матеріалів; процес шліфування; нові високозносоустійкі композити; тертя; параметри різання.

Постановка проблеми

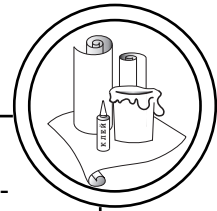
Вимоги до якості поверхонь деталей тертя, які працюють в умовах інтенсивного зношування, постійно зростають, що обумовлюється безперервним зростанням важливих експлуатаційних параметрів поліграфічної техніки і, в першу чергу, параметрів надійності, довговічності, механізмів в цілому машин.

Останнім часом для суттєвого збільшення строків експлуатації деталей пар тертя (зокрема, підшипників ковзання) були синтезовані та впроваджені у виробництво нові композитні матеріали, створені на основі відходів високолегованих штампових та інструментальних сталей 86Х6НФТ, 11РЗАМЗФ, 4ХМНФС та 7ХГ2ВМФ [1–4].

Здебільше, вони застосовуються для виготовлення деталей, які працюють в умовах жорстких умов експлуатації (контактні температури — 850–900° С, питомий тиск — 4–5 МПа).

Особливістю усіх цих композитів є те, що для їх синтезу використовувались вторинні ресурси основного виробництва — цінні шліфувальні шлами, які містять у своєму складі високодефіцитні матеріали (вольфрам, ванадій, молібден, іридій, титан, нікель, марганець та ін.) і які, на жаль, до сьогодні викидались у відвали. Використання зазначених матеріалів, які є гостродефіцитними для промисловості України, дозволило створити нові високозносоустійкі матеріали, виконати їх всебічне

© 2015 р.



дослідження і домогтись впровадження у промислове виробництво [5–7].

Відомо, що показники довговічності та зносостійкості деталей тертя машин і механізмів суттєво залежать від параметрів якості оброблених поверхонь і, в першу чергу, від параметрів шорсткості Ra, ступеню наклепу K, глибини його проникнення h у тіло деталі, рівня та знаку залишкових напружень у поверхневому шарі оброблення [8–17]. Це притаманне і деталям з новітніх марок композитів [1–4]. Найкращі показники параметрів якості їх поверхонь оброблення забезпечують технологічні процеси тонкої фінішної обробки — алмазно-абразивним, кубонітовим, ельборовим, боразоновим шліфуванням, прецизійною машинною доводкою, суперфінішуванням, хонінгуванням та магнітно-абразивною обробкою.

На сьогодні вказані технологічні процеси оброблення високозносостійких композитних матеріалів на базі штампових та інструментальних сталей всебічно досліджені і набули нормативних рекомендацій (у вигляді типових технологій та стандартів підприємств) у промисловості при виготовленні деталей друкарських машин [5–7].

Проте, поза увагою дослідників залишилися вельми значні питання збереження розмірної стійкості абразивних інструментів, що має важливе значення для забезпечення найвищих параметрів якості поверхонь оброблення (під кутом зору суттєвого подовження часу використання абразиву без зупинки виробництва і заходів по

відновленню ріжучих властивостей інструментів) та відповідним зростанням продуктивності технологічних операцій абразивної обробки деталей у виробництві. Тому відповідні дослідження впливу фізико-механічних властивостей абразивних матеріалів на процес шліфування є, безумовно, актуальними, як з наукової точки зору, так і, що не менш важливо, практичного значення для сучасного виробництва.

Мета роботи

Метою даної роботи було виконання розгалужених досліджень процесу з раціонального вибору матеріалів абразивних зерен шліфувальних кругів для оброблення поверхонь тертя деталей, що виготовлені з високолегованих та важкооброблюваних композитів на основі інструментальних сталей, встановлення особливостей механізму руйнації абразивних зерен та розробка рекомендацій для промислового виробництва із забезпечення якісних показників поверхонь оброблення.

Результати проведених досліджень

Якість абразивного інструменту комплексно визначається ріжучою властивістю абразивних зерен, характеристикою зв'язки та структурою побудови абразивного інструменту [6, 9, 14–17]. З усіх цих технічних характеристик абразивного інструменту найбільш важливою, від якої залежить ефективність роботи шліфувального круга, є матеріал абразивних зерен.

Існуючі рекомендації з виробу матеріалу абразивних зерен



для заданих умов обробки у більшості випадків по своїй суті є емпіричними. Сформулюємо критерії раціонального вибору матеріалу абразивних зерен шліфувальних кругів, в основі яких покладені результати досліджень явищ, які відбуваються у зоні контакту ріжучих кромки абразивних зерен з поверхнею оброблення композитної деталі [6, 7, 14, 16–19].

В загальному випадку матеріал абразивних зерен при заданих умовах обробки повинен мати достатню міцність під час процесу різання, бути зносостійким і забезпечувати економічні умови обробки. При недостатній міцності ріжучої кромки абразивних зерен руйнація їх відбувається шляхом крихкого вириву часток та сколування (рис. 1, а) чи в результаті пластичної деформації поверхневих шарів матеріалу абразиву (рис. 1, б). У першому випадку має місце крихка руйнація, в той час як у другому — пластична руйнація ріжучих кромки абразивних зерен.

Крихка руйнація ріжучої кромки абразивного зерна відзначається у більшості практичних випадків. Це, до речі, підтверджує аналіз відходів шліфування, у складі яких присутня велика кількість мікрочасток абразиву (мікроскопів), що мають значно менший розмір, ніж вихідна зернистість фракції.

Спостереження за мікропрофілем робочої поверхні круга показують, що залежно від умов обробки крихка руйнація може відбуватись у вигляді сколів мікрооб'єктів матеріалу абразиву чи у вигляді руйнації зерен крупними блоками.

При оздоблювальній обробці крихка руйнація ріжучих кромки абразивних зерен є вельми небажаною, тому що у цьому випадку розмірна стійкість абразивного інструменту суттєво зменшується.

При чорновому шліфуванні, коли розмірна стійкість не є регламентуючим фактором, крихка руйнація матеріалу абразиву сприяє відновленню ріжучих властивостей круга (має місце,

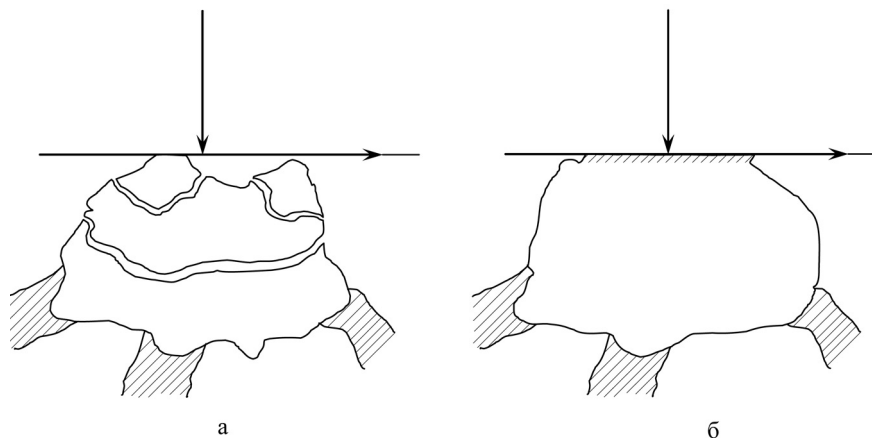
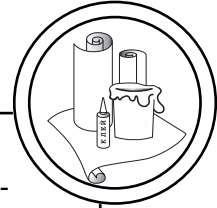


Рис. 1. Схема руйнації ріжучих кромки абразивних зерен



так зване, самозаточування). Слід зазначити, що оптимальне самозаточування, яке відповідає економічним умовам обробки, буде лише в тому випадку, якщо крихка руйнація відбувається малими об'ємами, а не окремими крупними блоками.

У зв'язку з цим важливу практичну вагу має задача встановлення таких режимів шліфування, які виключають інтенсивну крихку руйнацію абразивних зерен. Значний вплив на процес крихкої руйнації має товщина перерізу стружки, яка зрізується окремими зернами. При перевищенні певних граничних значень товщини перерізу ситуація, коли може розпочатися процес крихкої руйнації.

Результати експериментального дослідження [6, 14–19] показують, що залежно від фізико-механічних характеристик абразивних матеріалів максимальні товщини перерізу мають коливання у досить широких межах. Так, при обробці високолегованого композитного матеріалу 11РЗМЗФ [2] зернами з природних алмазів найбільші товщини перерізів у середньому склали 15–20 мкм, у той час як для абразивних зерен з електрокорунду білого вони не перевищували 1–2 мкм.

У зв'язку з тим, що при абразивній обробці ріжучий клин зерна витримує досить складний об'ємний стан напруження, теоретичне визначення крихкої міцності є складною задачею, яка, на жаль, на сьогодні ще не вирішена. Приблизне уявлення про відносну крихкість міцності абразивних зерен може дати співставлення їх лімітів

міцності на згин. Це співставлення показує, при різних рівних умовах найбільші товщини перерізу мусить дати природний алмаз, синтетичні алмази високої міцності, спечений корунд, середні — цирконистий абразив, синтетичні алмази звичайної міцності, а мінімальні — ельбор, синтетичні алмази звичайної міцності, карбід кремнію та електрокорунд. Приблизно в такій же послідовності знижується значення граничних товщин перерізу, що отримані експериментальним шляхом.

Отже, ліміт міцності на згин може бути використаний для характеристики відносної міцності крихкості абразивних матеріалів.

Для того, щоб матеріал ріжучого інструменту здійснював зрізання стружки, він повинен чинити сталий опір пластичній деформації (до речі, значно більший, ніж у матеріалі оброблення). У процесі шліфування, коли ріжучі кромки абразивних зерен нагріваються до високих температур і внаслідок цього розм'якшуються, матеріал абразивних зерен під дією сил різання може бути навантаженим до рівня пластичної течії. Експериментальні дані показують, що внаслідок миттєвого контакту абразивного зерна з деталлю, поверхня якої шліфується, нагріву та розм'якченню підлягають контактні шари абразивного матеріалу лише на невеликих глибинах.

Тому процеси пластичної деформації відбуваються у достатньо тонких шарах.

Коефіцієнт запасу пластичної міцності для умов абразив-



ної обробки може бути приблизно визначеним співвідношенням:

$$n_T = \frac{H_n}{H_\phi},$$

де H_n — твердість абразивного матеріалу у контактних шарах при температурі різання; H_ϕ — твердість матеріалу оброблення по умовній площині зсуву.

Коли коефіцієнт $n_T \geq 1$, пластична деформація не відбувається і ріжуча кромка зерна не здійснює зрізу. Коли ж $n_T \leq 1$, контактні шари абразивного матеріалу навантажуються і безпосередньо сприймають дію пластичного деформування. Для розрахунків коефіцієнту n_T за формулою (1) необхідно знати

залежність твердості абразивних матеріалів від температури (рис. 2). Як видно з рисунку, для алмаза є характерним різке падіння твердості з підвищенням температури. Проте, навіть при температурі 1273 °K алмаз має значну твердість, яка незрівняна з твердістю існуючих абразивних матеріалів при кімнатній температурі. Це свідчить про те, що алмазні зерна мають достатньо високий ліміт пластичної міцності і тому цей вид руйнації для алмазного інструменту є не характерним.

Відносно високу пластичну міцність при обробці високолегованих композитів типу 86Х6НФТ [1] та інших композитних матеріалів, таких як 11РЗАМЗФ, 4ХМНФС та

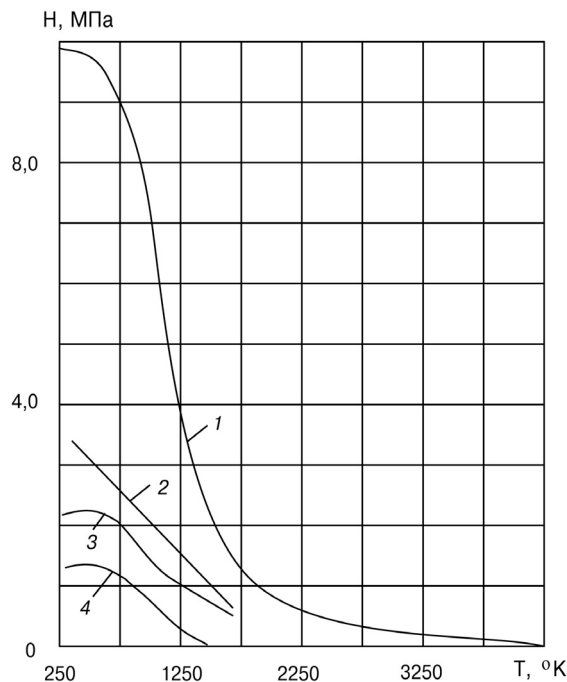
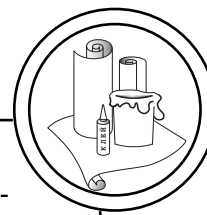


Рис. 2. Зміна твердості матеріалів залежно від температури нагріву: 1 — алмаз; 2 — карбід кремнію; 3 — електрокорунд; 4 — твердий сплав BK8



7ХГ2ВМФ [2–4] має електрокорунд і карбід кремнію зелений. Проте, при обробці більш твердих композитних сплавів 11РЗАМЗФ коефіцієнт запасу пластичної міцності має значення менші, ніж одиниця, що вказує на ймовірність пластичної деформації ріжучих кромок з зазначених абразивних матеріалів.

Втрата ріжучих властивостей абразивних інструментів (при достатньо крихкій та пластичній міцності абразивного матеріалу) здебільшого відбувається внаслідок зносу ріжучих кромок абразивних зерен.

В результаті проведених досліджень встановлено, що залежно від оброблюваного композитного високозносоустійкого матеріалу та умов шліфування (режими різання, застосування мастильно-охолоджуючих рідин та ін.) матеріал абразивних зерен у процесі різання має такі види зношування: втомлюючі-адгезійному, абразивному та дифузійному. Слід зазначити, що у більшості практичних випадків має місце комбінація декількох видів зношування, які одночасно протікають у зоні зрізання стружки.

Сутність адгезійного зношування полягає у тому, що у процесі різання між контактними поверхнями виникає схоплювання — адгезія. Виникненню інтенсивної адгезії при різанні сприяють високі тиски і рух свіжезрізаних поверхонь оброблюваного композитного матеріалу відносно контактних поверхонь зерна. При ковзанні однієї поверхні по іншій відбувається безперервний процес

утворення та зрізання адгезійних плям. Цьому також сприяє циклічний характер виникнення окремих адгезійних плям, який веде (при багатократній взаємодії) до втомлювальної руйнації контактуючих плям. Тому цей вид зношування слід більш точно визначити як втомлювально-адгезійний. З часом кількість окремих адгезійних сколів може наскільки збільшитись, що сумарне зношування стає достатньо чутливим.

Втомлювально-адгезійний тип зношування є найбільш розгалуженим і таким, що відіграє домінуючу роль у процесі абразивного шліфування високолегованих композитів. За своєю природою втомлювально-адгезійне зношування є досить складним фізико-механічним процесом і залежить, в основному, від мікроміцності контактних шарів матеріалу абразива та матеріалу оброблення.

На сьогодні, на жаль, нема експериментальних даних про мікроміцність контактних шарів матеріалу абразиву. Більше того, навіть не розроблена методика її вивчення. Розрахунки і результати експериментів показують, що досить приблизно для оцінки втомлювально-адгезійної інтенсивності зношування (при тонкому шліфуванні високолегованих антиадгезійних композитів) можливо користуватися твердістю матеріалу абразиву при відповідних температурах контакту. Що ж стосується інтенсивності адгезії, то її рівень може бути оцінено по хімічній спорідненості між матеріалом абразивних зерен і



матеріалом композитного сплаву, що шліфується, з урахуванням їх значень під час виникнення і дії миттєвих контактних температур на ріжучому лезі зерна.

Механізм абразивного зношування полягає у тому, що тверді включення матеріалу оброблення, впроваджуючись у контактні поверхні інструменту, призводять безпосередньо до зрізання часток матеріалу.

При шліфуванні, коли твердість контактних шарів абразивних зерен (внаслідок сильного нагріву в результаті дії миттєвих контактних температур у зоні зрізання стружки) суттєво знижується, а карбіди матеріалу оброблення, наприклад, твердого сплаву, не встигають повністю нагрітися, ймовірність абразивного зношування зростає. Абразивне зношування повністю відсутнє, коли твердість матеріалу абразиву вища за твердість окремих компонентів матеріалу оброблення у всьому діапазоні температур контакту.

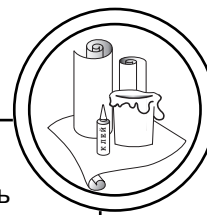
Взагалі зносостійкість при абразивному зношуванні може бути визначена температурною залежністю твердості матеріалу абразиву.

При шліфуванні алмазними кругами композитних сплавів на основі високолегованих інструментальних сталей 86Х6НФТ, 11РЗАМЗФ, 4ХМНФС та 7ХГ2ВМФ та при обробці їх шліфувальними кругами з карбіду кремнію превалюючим видом зношування ріжучих кромок абразивних зерен є дифузійне зношування. Механізм дифузійного зношування полягає у тому, що при наявності

хімічного споріднення між матеріалом абразиву і матеріалом оброблення при контактуванні зерна з деталлю відбувається дисоціація та дифузійне розчинення атомів матеріалу абразиву в матеріалі, що оброблюється шліфуванням. Інтенсивному дифузійному розчиненню матеріалу абразиву сприяють високі контактні температури у зоні зрізання стружки, які мають достатньо великі значення, нерідко доходючи до значень 600–850° С (залежно від типу композиту, що шліфується, режимів різання та складу шліфувального круга — зернистість, матеріал абразиву, тип зв'язки та ін.) [6, 7, 14, 17]. При таких високих температурах швидкість дифузійного розчинення (порівняно з кімнатними температурами) зростає у десятки разів.

Дослідження показують, що в загальному випадку інтенсивність дифузійного зношування залежить від ступеня концентрації розчинюваності абразивного матеріалу у композитному сплаві, що підлягає шліфуванню, і визначається діаграмою стану та температурною залежністю коефіцієнта дифузії.

Протікання дифузійних процесів у зоні контакту абразиву та матеріалу, що шліфується, можливе лише за наявності хімічної спорідненості між ними. Чим більшою є хімічна спорідненість, тим інтенсивніше протікають дифузійні процеси. Як вже вище було зазначено, ступенем хімічної спорідненості також може бути характеризувана інтенсивність адгезії між матеріалом абразиву і матеріалом



оброблення, а, отже, і інтенсивність втомлювально-адгезійного зношування.

Теоретичне визначення хімічної стійкості того чи іншого абразиву по відношенню до матеріалу оброблення є достатньо складною справою, в першу чергу внаслідок впливу на хімічну стійкість багатьох факторів. Експериментально інтенсивність хімічної взаємодії можливо встановити за результатами дифузійних термооброблень пар дослідження у вакуумі. Авторами роботи досліджено ступінь твердофазної хімічної взаємодії між різними абразивними матеріалами та деякими високолегованими антиадгезійними композитами, синтезованими на основі штампових та інструментальних сталей у діапазоні температур 1550–1700 °К.

Результати цього дослідження наведені у табл.

Ці експериментальні дані повинні розглядатись у сукупності з такими критеріями оцінки якості абразивного матеріалу, як ліміт міцності на згин, температурна залежність твердості та вартість абразивних матеріалів.

У випадку, коли абразивному матеріалу властива достатня

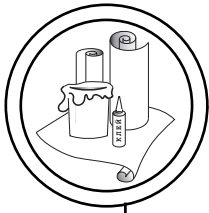
крихкість та пластична міцність для визначених умов оброблення, то за даними, що наведені у табл., можливо скласти певне уявлення про доцільність застосування абразивних матеріалів для шліфування різних композиційних сплавів.

Наприклад, застосування алмазного абразивного інструменту для композиту 86Х6НФТ внаслідок їх хімічного сполучення (наявність у складі як алмазу, так і композиту вуглецю С) і обумовленого цим деякого збільшення інтенсивності дифузійного зношування у більшості випадків не вдається отримати очікуваного значення продуктивності та різкого покращення параметрів якості оброблення поверхонь деталей друкарських машин. Аналогічно не досягаємо очікуємих результатів при шліфуванні композиту 11РЗАМЗФ елекрокорундовими інструментами.

З точки зору мінімізації параметрів зношування абразивних матеріалів та створення необхідних умов для суттєвого зростання на цій основі продуктивності технологічних процесів шліфування новітніх композитів, найбільш перспективним абразивним матеріалом (при умові

Ступінь хімічної взаємодії між абразивами та високозносостійкими композиційними сплавами

Абразив	Тип композиційного сплаву			
	86Х6НФТ [1]	11РЗАМЗФ [2]	4ХМНФС [3]	7ХГ2ВМФ [4]
Алмаз	Висока	Низька	Середня	Вища за середню
Карбід кремнію	" - "	Середня	" - "	Низька
Електрокорунд	Відсутня	Висока	Відсутня	" - "
Оксид цирконію	" - "	Низька	Досить низька	Досить низька
Ельбор	Досить низька	Досить низька	Низька	Відсутня
Кубоніт	Середня	" - "	" - "	" - "
Борозон	Низька	" - "	" - "	" - "



підвищення його міцності до крихкої руйнації) є абразиви на базі кубічного нітриду бора. Це сучасні абразивні матеріали ельбор (Росія), кубаніт (Україна) та боразон (США), яким притаманна (у різному ступені) підвищена хімічна інертність до більшості матеріалів і сплавів [6, 14, 17].

Отже, ступінь хімічної взаємодії абразиву і матеріалу оброблення повинна стати одним з основних критеріїв оцінки матеріалу абразивних зерен як при підборі абразивного інструменту для заданих умов обробки, так і при створенні нових абразивних матеріалів.

Висновки

Узагальнюючи наведені експериментальні дослідження процесу впливу фізико-механічних властивостей абразивних матеріалів на процес шліфування високолегованих композитів для поліграфічних машин необхідно зробити наступні висновки:

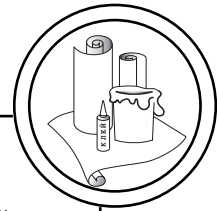
1. Вперше в науковій практиці виконано комплексне дослідження впливу фізико-механічних властивостей абразивних матеріалів на технологічний процес тонкого шліфування високолегованих важкооброблюваних антифрикційних композиційних сплавів, синтезованих зі штампових та інструментальних сталей. Запропоновано нову методику розрахунку зношування ріжучих кромek абразивних зерен з урахуванням явищ

адгезійної та втомлювально-схоплюючої дії.

2. Показано, що зношування абразивних матеріалів шліфувальних кругів при обробленні новітніх марок високолегованих композитів є складним фізико-механічним процесом, урахування якого (у практичних цілях) повинно відбуватися із застосуванням сучасних уявлень про хімічну взаємодію матеріалів пари «абразив—деталь оброблення».

3. Розроблені практичні рекомендації з вибору для умов реального виробництва найбільш ефективних абразивних інструментів, які здатні забезпечити необхідні параметри якості деталей, що виготовлені з новітніх високозносоустійких композитів на основі штампових та інструментальних сталей. Показано, що найкращі результати можливо отримати шляхом застосування для шліфування поверхонь деталей тертя абразивів з матеріалів класу «кубічний нітрид бору» — кубаніту, ельбору чи боразону.

4. Подальші дослідження процесів впливу фізико-механічних властивостей абразивних матеріалів на технологічний процес шліфування композитних матеріалів доцільно спрямувати на вивчення процесів зношування ріжучих кромek абразивних зерен при тонкій абразивній обробці композитів на базі кольорових матеріалів (алюміній, мідь, нікель).



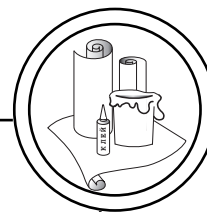
Список використаної літератури

1. Патент України № 60520, МПК С22С 33/02 (2006.01) Антифрикційний підшипниковий матеріал // Роїк Т. А., Гавриш А. П., Гавриш О. А., Киричок П. О., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О. — Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
2. Патент України № 60521, МПК С22С 33/02 (2006.01) Композиційний підшипниковий матеріал // Роїк Т. А., Гавриш А. П., Віцюк Ю. Ю., Гавриш О. А., Киричок П. О., Мельник О. О. — Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
3. Патент України № 60522, МПК С22С 33/02 (2006.01) Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі // Роїк Т. А., Гавриш А. П., Киричок П. О., Віцюк Ю. Ю., Гавриш О. А., Мельник О. О. — Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
4. Патент України № 102299, МПК С22С 33/02 (2006.01) Антифрикційний матеріал на основі інструментальної сталі // Роїк Т. А., Гавриш А. П., Киричок П. О., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О. — Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12.
5. Роїк Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш. — К. : НТУУ «КПІ», 2007. — 404 с.
6. Киричок П. О. Технологія поліграфічного машинобудування : Навчальний посібник / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. В. Шевчук, А. П. Гавриш, О. І. Лотоцька. — К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2014. — 504 с.
7. Роїк Т. А. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин : Монографія / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, П. О. Киричок, А. В. Шевчук, Ю. Ю. Віцюк. — К. : НТУУ «КПІ», 2015. — 502 с.
8. Исаев А. И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием / А. И. Исаев. — М. : Машгиз, 1950. — 412 с.
9. Маталин А. А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин / А. А. Маталин. — М.-Л. : Машгиз, 1956. — 418 с.
10. Костецкий Б. И. Качество поверхности и трение в машинах / Б. И. Костецкий, Н. Ф. Колисниченко. — К. : Изд. «Техника», 1969. — 244 с.
11. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. — М. : Машиностроение, 1968. — 478 с.
12. Костецкий Б. И. Надежность и долговечность машин / Б. И. Костецкий, И. Г. Носовский, Л. И. Бершадский, А. К. Караулов. — К. : Изд. «Техника», 1975. — 408 с.
13. Рыжов Э. В. Высокоэффективные процессы финишной обработки / Э. В. Рыжов. — К. : Наукова думка, 1987. — 256 с.
14. Лавриненко В. І., Новіков М. Р. Надтверді абразивні матеріали в механообробці : Енциклопедичний довідник / під заг. ред. акад. НАНУ М. В. Новікова. — К. : Вид. ІНМ ім. В. М. Бакуля НАНУ, 2013. — 456 с.
15. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов / Е. Н. Маслов. — М. : Машиностроение, 1979. — 320 с.
16. Ящерицын П. И. Прогрессивная технология финишной обработки деталей / П. И. Ящерицын. — Мн. Беларусь, 1989. — 312 с.
17. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. акад. НАН Украины Н. В. Новикова, д.т.н. С. А. Клименко. 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2014. — 608 с.
18. Лалодзе Т. Н. Износ алмазов и алмазных кругов / Т. Н. Лалодзе, Г. В. Бокучава. — М. : Машиностроение, 1968. — 326 с.
19. Маслов Е. Н. Механизм работы абразивного зерна при шлифовании / Е. Н. Маслов. — М. : Машгиз, 1960. — 296 с.



References

1. Patent Ukrainy № 60520, MPK S22S 33/02 (2006.01) Antyfyryktsiyni pidshypanykovi material // Roik T. A., Havrysh A. P., Havrysh O. A., Kyrychok P. O., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O. — Opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
2. Patent Ukrainy № 60521, MPK S22S 33/02 (2006.01) Kompozytsiyni pidshypanykovi material // Roik T. A., Havrysh A. P., Vitsiuk Iu. Iu., Havrysh O. A., Kyrychok P. O., Melnyk O. O. — Opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
3. Patent Ukrainy № 60522, MPK S22S 33/02 (2006.01) Pidshypanykovi kompozytsiyni material na osnovi instrumentalnoi stali // Roik T. A., Havrysh A. P., Kyrychok P. O., Vitsiuk Iu. Iu., Havrysh O. A., Melnyk O. O. — Opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
4. Patent Ukrainy № 102299, MPK S22S 33/02 (2006.01) Antyfyryktsiyni material na osnovi instrumentalnoi stali // Roik T. A., Havrysh A. P., Kyrychok P. O., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O. — Opubl. 25.06.2013, Biul. № 12.
5. Roik T. A. Kompozytsiyni pidshypanykovi materialy dlia pidvyshchennykh umov ekspluatatsii / T. A. Roik, P. O. Kyrychok, A. P. Havrysh. — K. : NTUU «KPI», 2007. — 404 s.
6. Kyrychok P. O. Tekhnolohiia polihrafichnoho mashynobuduvannia : Navchalnyi posibnyk / P. O. Kyrychok, T. A. Roik, A. V. Shevchuk, A. P. Havrysh, O. I. Lototska. — K. : NTUU «KPI» VPI VPK «Politehnika», 2014. — 504 s.
7. Roik T. A. Novitni kompozytsiyni materialy detalei tertia polihrafichnykh mashyn : Monohrafiia / T. A. Roik, A. P. Havrysh, P. O. Kyrychok, A. V. Shevchuk, Iu. Iu. Vitsiuk. — K. : NTUU «KPI», 2015. — 502 s.
8. Isaev A. I. Process obrazovaniia poverhnosnogo sloja pri obrabotke metallov rezaniem / A. I. Isaev. — M. : Mashgiz, 1950. — 412 s.
9. Matalin A. A. Kachestvo poverhnosti i jekspluatatsionnye svojstva detalej mashin / A. A. Matalin. — M.-L. : Mashgiz, 1956. — 418 s.
10. Kosteckij B. I. Kachestvo poverhnosti i trenie v mashinah / B. I. Kosteckij, N. F. Kolisnichenko. — K. : Izd. «Tehnika», 1969. — 244 s.
11. Kragel'skij I. V. Trenie i iznos / I. V. Kragel'skij. — M. : Mashinostroenie, 1968. — 478 s.
12. Kosteckij B. I. Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin / B. I. Kosteckij, I. G. Nosovskij, L. I. Bershadskij, A. K. Karaulov. — K. : Izd. «Tehnika», 1975. — 408 s.
13. Ryzhov Je. V. Vysokojeffektivnye processy finishnoj obrabotki / Je. V. Ryzhov. — K. : Naukova dumka, 1987. — 256 s.
14. Lavrynenko V. I., Novikov M. R. Nadtverdi abrazivni materialy v mekhanoobrobtsi : Entsyklopedychnyi dovidnyk / pid zah. red. akad. NANU M. V. Novikova. — K. : Vyd. INM im. V. M. Bakulia NANU, 2013. — 456 s.
15. Maslov E. N. Teorija shlifovaniia materialov / E. N. Maslov. — M. : Mashinostroenie, 1979. — 320 s.
16. Jashhericyn P. I. Progressivnaja tehnologija finishnoj obrobarki detalej / P. I. Jashhericyn. — Mn. Belarus', 1989. — 312 s.
17. Instrumenty iz sverhtverdykh materialov / Pod red. akad. NAN Ukrainy N. V. Novikova, d.t.n. S. A. Klimenko. 2-e izd., pererab. i dop. — M. : Mashinostroenie, 2014. — 608 s.
18. Lalodze T. N. Iznos almazov i almaznih krugov / T. N. Lalodze, G. V. Bokuchava. — M. : Mashinostroenie, 1968. — 326 s.
19. Maslov E. N. Mehanizm raboty abrazivnogo zerna pri shlifovanii / E. N. Maslov. — M. : Mashgiz, 1960. — 296 s.



В статье приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований влияния физико-механических свойств абразивных материалов на процесс шлифования высокоизносостойких композитов деталей трения для полиграфических машин, которые были изготовлены из новых типов композиционных сплавов, синтезированных на основе отходов штамповых и инструментальных сталей. Разработаны рекомендации для промышленности.

Ключевые слова: свойства абразивных материалов; процесс шлифования; новые высокоизносостойкие композиты; трение; параметры резания.

In the article the theoretical-experimental researches of the influence physical-mechanical parameters of the abrasive materials on the process studies of grinding high – wear-resistance composite friction details for the printing machines, which were manufactured from new of type composite materials on the base of the wastes stump and instrumental steels have been presented. It was developed the recommendations for the manufacture.

Keywords: parameters of the abrasive materials; process of the grinding; the new high-wear-resistance composite; friction; parameters cutting.

Рецензент — О. М. Величко, д.т.н.,
профессор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 11.10.2014