

УДК 621.923.6:621.318.4:621.002.3

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.І. Лотоцька, Ю.Ю. Віцюк
Національний технічний університет України “КПІ”, Київ, Україна

МІКРОГЕОМЕТРІЯ ПОВЕРХНІ І СТАН ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОМПОЗИТИВ ЗА УМОВИ АБРАЗИВНОГО СУПЕРФІНІШУВАННЯ

Background. Microgeometry surface features of wear-resistant friction parts of new composite alloys 11P3AM3Ф, 85X6HФТ, 4XMФТС, P6M5Ф3, and 4X2B5MФ, which contain such chemical elements as titanium, wolframium, molybdenum, and vanadium with CaF₂ increments and its influence on quality parameters.

Objective. The purpose of this paper is to determine the quality parameters provided for superfine superfinishing of machine systems friction parts, which contain such chemical elements as titanium, wolframium, molybdenum, and vanadium with CaF₂ increments and studied the influence of abrasive superfinishing quality parameters and surfaces of friction precision.

Methods. Surface treatment of high-alloyed friction parts based on die steel and tool steels wastes with abrasive superfinishing.

Results. The research results of thin technological processes of superfinishing and formation of the surfaces parts, which were manufactured of new composite materials on the base of die steel and tool steels wastes and which contain such chemical elements as titanium, wolframium, molybdenum and vanadium were presented in the article. It was defined that the dependence of the quality of composite parts surface is determined by composition of the abrasive hones, their grain, bond type of superfinishing tools and parameters of cutting. These recommendations meet the quality requirements of the friction surfaces of working surfaces of parts. Recommendations for the choice of the abrasive hones for industrial engineering companies have been developed.

Conclusions. It was shown that high quality parameters of friction surfaces of the parts, for example, the pressure tensions and micro-hardness of the surface layer and other quality parameters are formed as result of interaction between cutting modes and friction-polishing by abrasive hones and such factories as granulocyte and properties of abrasive tools for the fine superfinishing technology. Also was shown that the best results can be achieved with using hones on the base of green carbid cremnium on the elastical glifitalical bond with the abrasive grit 7–14 mkm (63CM7CM2Гл, 63CM14CM2Гл) and thin parameters of cutting.

Keywords: new composites; superfinishing; abrasive hones; cutting mode; quality surface.

Вступ

Однією з найголовніших проблем проектування та виготовлення сучасних технологічних комплексів народного господарства України є забезпечення високих показників їх надійності, довговічності, праце- та ремонтоздатності.

З цієї точки зору вченими-матеріалознавцями були створені, пройшли всебічну перевірку та впроваджені у виробництво нові високозносоустійкі композиційні сплави для деталей тертя, які здатні істотно знизити інтенсивність зношування та підвищити строк служби машин і механізмів. Особливо важливим це є при роботі техніки у жорстких умовах експлуатації (за температури контактних поверхонь деталей пар тертя у межах 750–800 °С і питомих тисків 5–8 МПа, агресивне навколишнє середовище – кисень повітря, виробничий пил з елементами абразивної здатності тощо). Особливістю створених в останні роки новітніх зносоустійких композиційних матеріалів було те, що всі вони отримані синтезом зі шламових шліфувальних відходів високолегованих штампових і швидкорі-

зальних інструментальних сталей, у складі яких містяться цінні легувальні елементи (титан, вольфрам, ванадій, молібден, ніобій, нікель, марганець тощо) і які є дешевою та вельми корисною та дефіцитною сировиною для виготовлення різних конструкційних деталей [1–5]. При цьому легувальні елементи нових зносоустійких сплавів утворюють у їх структурі чималу частку дрібнозернистих фаз – інтерметалідів. Усе це забезпечує отримання матеріалів з високими фізико-механічними й антифрикційними властивостями.

Як відомо, параметри зносоустійкості деталей тертя у машинах і механізмах технологічних комплексів визначають не тільки функціональні можливості матеріалів, із яких ці комплекси виготовляються, але і параметри якості їх поверхонь, що сформовані внаслідок механічного оброблення [1, 6–8].

З цієї точки зору деталі з композитів, що мають у своєму складі як легувальні такі елементи, як титан, вольфрам, ванадій і молібден, належать до класу важкооброблюваних сплавів, вимагають особливого підходу до вибору типу

абразивних інструментів і методів оброблення робочих поверхонь тертя.

Хоча зазначені високозносоустійкі композиційні матеріали створені 10–15 років тому і вже набули досить широкого застосування, але на сьогодні відсутні хоча б якісь дослідження надтонких методів абразивного оброблення поверхонь деталей тертя, зокрема немає всебічного вивчення технологічних процесів суперфінішування, коли у поверхнях оброблення формується мікрорельєф рівня $R_a = 0,01–0,02$ мкм і створюється фундамент для забезпечення високого рівня параметрів зносостійкості, надійності та довговічності деталей пар тертя.

Тому комплекс досліджень з вивчення надтонких оздоблювальних процесів абразивного суперфінішування високолегованих важкооброблюваних композитних сплавів, синтезованих на основі відходів штампових та інструментальних сталей типу 11P3AM3Ф, 85X6HФТ, 4ХМФТС, P6M5Ф3 і 4X2B5MФ, які містять у своєму складі сполуки титану, вольфраму, ванадію та молібдену, має незаперечне наукове і, що не менш важливо, практичне значення. У загальній сукупності це визначає актуальність вибраної теми досліджень й ілюструє науково-технічну важливість поставленої задачі.

Постановка задачі

Метою роботи є дослідження параметрів якості поверхонь за умови надтонкого оздоблювального суперфінішування деталей тертя машинних комплексів, які виготовлені з нових композиційних сплавів 11P3AM3Ф, 85X6HФТ, 4ХМФТС, P6M5Ф3 і 4X2B5MФ, що містять у своєму складі титан, вольфрам, молібден та ванадій з домішками CaF_2 , а також встановлення закономірностей абразивного суперфінішування на параметри якості й точності поверхонь деталей оброблення.

Матеріали і результати досліджень

Процес суперфінішування до останнього часу розглядався лише як засіб зменшення шорсткості поверхні оброблення деталі та надання їй товарного вигляду [9–17].

Така точка зору будувалась на існуючій технології машинобудування, коли шар металу, що зрізався за період оброблення, не перевищував значень у межах 2–3 мкм, а технічною суттю обробки вважалось усування нерівнос-

тей від попередньої операції, після чого інтенсифікація процесу суперфінішування поступово зменшувалась до його повної зупинки. Відсутність досліджень механізму процесу і стану поверхневого шару деталей, які оброблювались оздоблювальним суперфінішуванням, сформувало сталий погляд про те, що такий спосіб абразивного оброблення не змінює кристалічну структуру, залишкові напруження, мікротвердість та інші характеристики поверхневого шару.

На сьогодні (в результаті досліджень, виконаних за участю авторів) отримано низку нових даних, які дають змогу суттєво змінити уявлення про процес суперфінішування [18–20].

Сучасна технологія суперфінішування базується на таких принципах: застосування абразивних брусків з підвищеними ріжучими властивостями; кінематичне регулювання інтенсивності процесу та стану приповерхневого шару матеріалу деталей, які оброблюються цим способом; підвищення частоти коливань абразивного бруска навіть до рівня ультразвукових режимів; збільшення жорсткості системи притискування бруска до поверхні оброблення деталі. Все це у сукупності дає змогу виконувати процес суперфінішування зі зрізанням шару матеріалу з поверхні деталі у межах 10–30 мкм, істотно виправляючи при цьому похибки геометричної форми деталей.

Встановлено, що при взаємодії бруска з металом поверхні деталі безпосередньо в ході процесу суперфінішування мають місце процеси різання металу абразивними зернами і тертя зерен по поверхні з пластичним та пружним деформуванням нерівностей [19, 20]. Тому, як правило, процес суперфінішування необхідно виконувати у дві послідовні стадії:

1) з превалюючим різанням – для видалення слідів попередніх операцій обробки і виправлення геометричної форми деталі;

2) з домінуючим тертям – для досягнення мінімальних значень шорсткості поверхні R_a .

Говорячи про особливості мікрорельєфу поверхні, що оброблюється суперфінішуванням, перш за все слід відзначити, що внаслідок контакту абразивного бруска з поверхнею деталі по всій поверхні оброблення (а не по лінії, як при шліфуванні) повністю зрізується хвилястість, що істотно збільшує фактичну опорну поверхню деталей.

Якщо при шліфуванні на верстатах нормальної точності хвилястість становить у середньо-

му 1–3 мкм, а на верстатах високої точності – 0,3–0,5 мкм, то при суперфінішуванні значення хвилястості, які вимірювались прецизійним приладом “Talerund-2013” (ФРН), перебувають у межах розподільної точності приладу – 0,05 мкм (рис. 1).

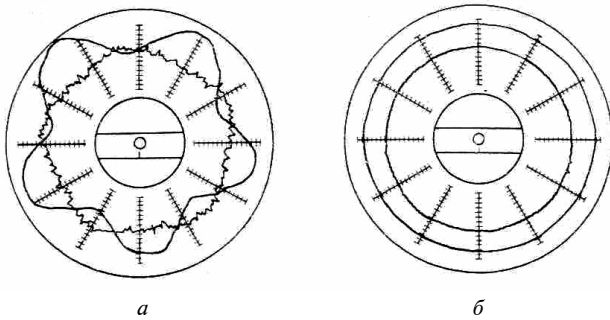


Рис. 1. Круглограми поверхні до (а) і після (б) суперфінішування циліндричних деталей із високолегованого композитного сплаву ІІРЗАМЗФЖ; $\times 2000$ і $\times 4000$

Суперфінішування як один із видів фінішної абразивної оздоблювальної обробки стабільно забезпечує шорсткість поверхні R_a у межах 0,01–0,10 мкм. При цьому не тільки висота, але і частота, форма та напрямок мікронервностей піддаються регулюванню за рахунок змін механізму і кінематики процесу.

На рис. 2 наведена залежність шорсткості поверхні від зернистості суперфінішного бруска. Залежність (із достатньою точністю) може бути прийнята як лінійна.

Перехід від режиму превалюючого різання до режиму тертя–полірування дає змогу зменшити висоту нерівностей у середньому на 40 % за рахунок їх пластичного деформування.

Таблиця 1. Розподіл нерівностей поверхонь по їх висоті

Рівень найвищої точки профілю, мкм	Кількість нерівностей на 1 мм довжини			
	$R_a = 0,16–0,24$ мкм		$R_a = 0,04–0,08$ мкм	
	шліфування	суперфінішування	шліфування	суперфінішування
0,05	1	4	2	10
0,10	2	8	4	35
0,15	3	12	11	88
0,20	5	17	44	110
0,25	8	24	52	160
0,30	12	32	–	–
0,35	18	42	–	–
0,40	25	51	–	–
0,45	43	71	–	–

Примітка. 1. Для шліфування застосовувався круг 63СМ7СМ2Гл. 2. Суперфінішування виконувалось абразивним бруском 63СМ7СМ2Гл. 3. Склад мастильно-охолоджувальної рідини при суперфінішуванні: масло ІІ16 (30 %), газ (70 %).

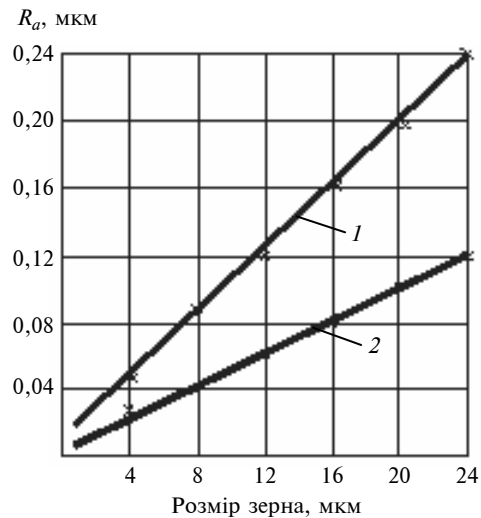


Рис. 2. Залежність шорсткості поверхні після суперфінішування деталей із композита 4ХМФТС від зернистості абразивного бруска: 1 – режим різання; 2 – режим тертя–полірування

Високі показники якості поверхонь по параметру їх шорсткості R_a отримані на всіх типах композитних сплавів, легованих титаном, вольфрамом, ванадієм та молібденом, а саме при суперфінішуванні композитів ІІРЗАМЗФ, 85Х6НФТ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3 і 4Х2В5МФ.

Для досягнення найліпших результатів доцільним є використання брусків на еластичних органічних зв'язках (наприклад, гліфталевих) та застосування під час суперфінішування мастильно-охолоджувальних рідин підвищеної в'язкості та маслянистості [17, 19], що дає змогу вести обробку суперфінішуванням у режимі тертя–полірування.

Таблиця 2. Розподіл значень радіусів r заокруглення вершин нерівностей при суперфінішуванні деталей із композита 85Х6НФТ

Характеристика абразивного бруска	Режим оброблення	Кількість нерівностей (%) залежно від r (мкм)				
		10–20	20–40	40–80	80–180	180–320
63СМ28СМ2Гл	Різання	52	22	13	–	–
63СМ28СМ2Гл	Тертя–полірування	2	13	63	18	4
63СМ14СМ2Гл	Різання	40	35	15	–	–
63СМ14СМ2Гл	Тертя–полірування	26	5	61	26	6

Примітка. 1. Режим суперфінішування: швидкість деталі – 100 м/хв; швидкість поздовжньо-зворотних коливань – 1,0 м/хв, питомий тиск брусків $q = 0,8$ МПа. 2. Склад мастильно-охолоджувальної рідини при суперфінішуванні: індустріальне масло І16 (30 %), гас (70 %).

Суперфінішування утворює на обробленій поверхні щільну сітку нерівностей. Так, при обробці деталей із композита 85Х6НФТ бруском карбиду кремнію зеленого зернистістю 28 мкм на гліфталевій зв'язці (63СМ28СМ2Гл) із забезпеченням шорсткості поверхні по параметру R_a у межах 0,16–0,24 мкм на 1 мм довжини поверхні утворюється 80–90 нерівностей, при обробці таким же фінішуванням бруском зернистістю 7 мкм (63СМ7СМ2Гл) із забезпеченням параметра R_a у межах 0,04–0,08 мкм утворюється значно більше нерівностей – 140–160 на 1 мм довжини поверхні. В табл. 1 наведені дані про розподіл нерівностей по висоті на поверхнях, які були прошліфовані та суперфінішовані на зразках із композита 4Х2В5МФ.

З табл. 1 слідує, що частина нерівностей після суперфінішування значно вища, ніж після шліфування, що пояснюється дією великої кількості найдрібніших абразивних частинок та наявністю височастотних коливань абразивного бруска.

Форма мікронерівностей при суперфінішуванні та при шліфуванні також істотно різниться. Так, якщо після шліфування найбільш імовірні радіуси заокруглення вершин нерівностей r становлять 10–15 мкм, то після суперфінішування розподіл значень r має характер, уявлення про який надає табл. 2.

Дані табл. 2 дають змогу зробити висновок про те, що зміни характеру взаємодії абразивних зерен із композитом (а саме перехід від різання до тертя) веде до значного збільшення радіусів заокруглення вершин нерівностей. Ця обставина, до речі, може бути використана, наприклад, для підвищення контактної жорсткості поверхонь.

Змінюючи співвідношення швидкостей робочих рухів при суперфінішуванні, можливо регулювати напрямок орієнтації нерівностей,

що дає змогу створити більш сприятливі умови роботи поверхонь тертя при майбутній експлуатації деталей у машинах і механізмах. Така можливість при шліфуванні відсутня, тому що сліди обробки поверхні абразивними зернами мають постійний напрямок, який визначається обертанням шліфувального круга.

Відзначені особливості мікрорельєфу поверхні істотно впливають на площу фактичного контакту A_{ϕ} .

На рис. 3 наведені криві опорної площі поверхні деталей, які оброблені шліфуванням і подальшим суперфінішуванням до значень шорсткості поверхні по параметру R_a на рівні 0,08–0,16 мкм. Вочевидь, обробка суперфінішуванням абразивними брусками збільшує A_{ϕ} у 2–3 рази при ідентичних показниках шорсткості.

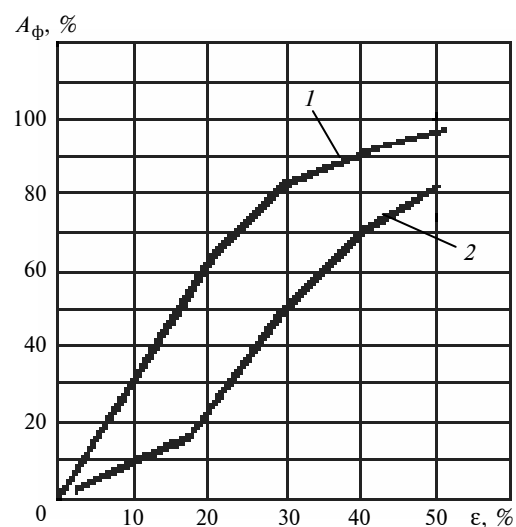


Рис. 3. Криві опорної поверхні: 1 – суперфінішування; 2 – шліфування

У зв'язку з тим що суперфінішування є кінцевою технологічною операцією, яка фор-

мує поверхневий шар деталей із високолегованих зносостійких композиційних сплавів, доцільним і, безумовно, виправданим є вивчення його фізико-механічних властивостей.

З допомогою рентгеноструктурного аналізу [1–5] встановлено, що будь-які фазові зміни у поверхневому шарі відсутні. Ці дані повністю узгоджуються з результатами вимірювань температур при суперфінішуванні [15–20], які здебільшого не перевищують значень 60–100%. Проте інтенсивна пластична деформація мікрооб'ємів композита абразивними зернами веде до значних змін впорядкованої структури. Так, наприклад, при суперфінішуванні (без попереднього шліфування) високолегованого композита 11РЗАМЗФ відзначається подрібнення блоків до величини $D = (0,6–1,5) \cdot 10^{-5}$ см (у відпаленої сталі 45 $D = 1 \cdot 10^{-5}$ см). Одночасно виникають залишкові напруження II-го роду $\Delta a/a = (0,6–0,9) \cdot 10^{-3}$, а щільність дислокацій становить $\rho = (0,5–3) \cdot 10^{10}$ см²/см³. Для порівняння зазначимо, що для загартованої сталі 45 значення цих параметрів становлять: $D = (0,3 \times 0,5) \cdot 10^{-5}$ см; $\Delta a/a = (2,2–3) \cdot 10^{-3}$; $\rho = (3,7–9) \cdot 10^{10}$ см²/см³. Корисно зазначити, що менші з указаних вище значень D та більші значення $\Delta a/a$ і ρ отримані при роботі в режимі тертя–полірування, коли пластична деформація поверхневого шару є найбільш інтенсивною.

Встановлені ефекти відображаються у змінах таких параметрів, як мікротвердість поверхневого шару та залишкові напруження I-го роду. Так, наприклад, при обробці композита 4Х2В5МФ мікротвердість збільшилась від 15–16 МПа до значень у межах 21–22 МПа, а при обробці високолегованого композиційного сплаву Р6М5Ф3 – від 57 МПа до 72–73 МПа (рис. 4, а).

При дослідженні залишкових напружень I-го роду було встановлено, що суперфінішування утворює у поверхневому шарі стискувальні напруження, значення яких варіюються у досить широких межах від 2,0 до 9,0 МПа (рис. 4, б).

Встановлено, що найбільше впливає на рівень залишкових напружень безпосередньо механізм процесу обробки суперфінішуванням. Дійсно, якщо в результаті різання утворюються залишкові напруження, що дорівнюють значенням 2,0–3,0 МПа, то при терті–поліруванні вони зростають до рівня 7,0–9,0 МПа, тобто є більшими у 3–4 рази.

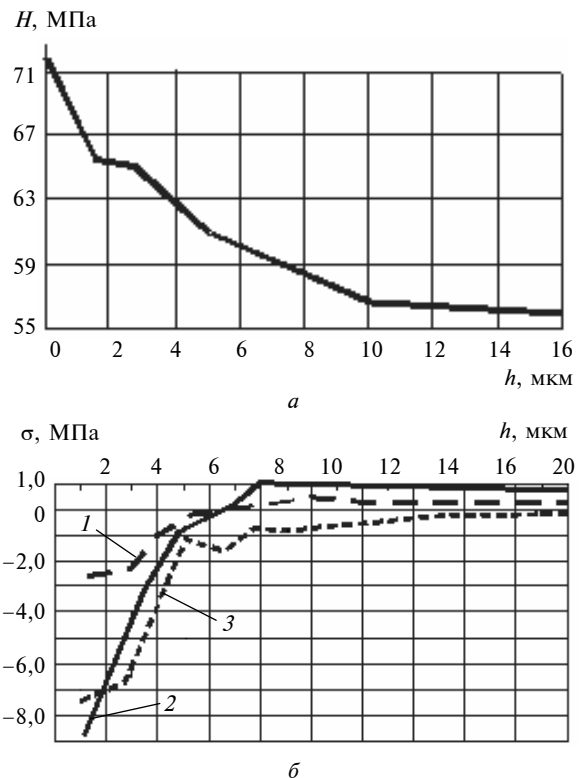


Рис. 4. Мікротвердість H (а) та залишкові напруження σ (б) поверхневих шарів деталей із високолегованого композита Р6М5Ф3 після суперфінішування брусками 63СМ14СМ2Гл: 1 – різання, 2 – тертя, 3 – тертя–полірування

Всі зазначені вище явища в поверхневому шарі композиційного сплаву фіксуються, як правило, на глибині до 5–10 мкм, при цьому найбільш значові ефекти відбуваються у надтонкому шарі глибиною близько 1–2 мкм.

Таким чином, технологічний процес суперфінішування високолегованих зносостійких композитів має низку суттєвих переваг (порівняно з іншими методами оздоблювального абразивного оброблення) з точки зору формування мікрогеометрії і якості поверхні деталей. Стабільне забезпечення вимог досягнення мінімальної шорсткості поверхні R_a , виправлення хвилястості, специфічна форма нерівностей, яка зумовлює значне збільшення фактичної опорної поверхні, зміцнення поверхневого шару композита, утворення залишкових стискувальних напружень і, нарешті, можливість регулювання цих параметрів за рахунок гнучких змін технології оброблення – все це у сукупності дає змогу впевнено зробити висновок про рекомендацію процесу суперфінішування деталей, що виготовленні з новітніх марок високолегованих зносостійких композитів, як фінішної операції

виготовлення деталей тертя машин і механізмів сучасних технологічних комплексів.

Висновки

Узагальнюючи комплекс виконаних досліджень, необхідно зробити важливі як наукові, так і практичні висновки.

Уперше досліджено питання оздоблювального абразивного суперфінішування нових зносостійких та важкооброблюваних композиційних сплавів, легованих титаном, вольфрамом, молібденом і ванадієм, що були синтезовані на основі утилізованих і регенованих відходів штампових та інструментальних сталей.

Показано, що основні закономірності оздоблювального суперфінішування нових композиційних матеріалів збігаються з основними засадничими положеннями теорії надтонкого абразивного оброблення, що свідчить про об'єктивність та коректність виконаних досліджень і розширює можливості дослідників з обґрунту-

вання, розуміння й аналізу складних процесів, що відбуваються при зрізанні мікростружок у зоні механічного оброблення в ході реалізації технологічних процесів надтонкого оздоблювального суперфінішування спеціальних сплавів.

Доведено, що на параметри якості поверхні оброблення істотно впливають параметри абразивних брусків (зернистість, матеріал зерна, тип зв'язки) та режими суперфінішування.

Найкращі показники за показниками мікротвердості поверхні, рівня залишкових напружень та глибини їх проникнення у поверхневий шар деталей із високолегованих композитів забезпечують абразивні бруски з карбїду кремнію зеленого зернистістю 7–14 мкм на еластичних гліфталевих зв'язках (63СМ7СМ2Гл, 63СМ14СМ2Гл) і тонкі режими різання.

У подальшому доцільним є вивчення закономірностей суперфінішування композитних матеріалів, створених на базі кольорових металів – нікелю, міді, алюмінію.

Список літератури

1. Маталін А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. – К.: Техника, 1971. – 144 с.
2. Маталін А.А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства машин. – Л.: Машгиз, 1976. – 384 с.
3. Надежность и долговечность машин / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, Л.И. Бершадский, А.К. Караулов. – К.: Техника, 1975. – 408 с.
4. Дальский А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей. – М.: Машиностроение, 1975. – 224 с.
5. Медвідь В.М. Технологічні основи технології машинобудування. – Львів: Вища школа, 1976. – 300 с.
6. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – К.: Вища школа, 1985. – 255 с.
7. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. – Л.: Машгиз, 1955. – 515 с.
8. Корсаков В.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1974. – 280 с.
9. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. – Л.: Машиностроение, 1983. – 407 с.
10. Якимов А.В., Царюк В.Н. Технология машиностроения. – Одесса: Астропринт, 2001. – 602 с.
11. Ящерицин П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания. – Минск: Новое издание, 2006. – 512 с.
12. Гавриш А.П., Роїк Т.А., Віцюк Ю.Ю. Вплив режимів абразивного суперфінішування на якість поверхонь обертання композитних деталей тертя поліграфічних машин // Машинознавство. – 2013. – № 7-8. – С. 34–39.
13. Контактна взаємодія абразивного інструменту та поверхонь оброблення деталей друкарських машин при суперфінішуванні абразивними брусками / Ю.Ю. Віцюк, Т.А. Роїк, В.Г. Олійник, А.П. Гавриш // Технологія і техніка друкарства. – 2013. – № 3. – С. 62–85.
14. Вплив алмазного суперфінішування на якість поверхонь деталей зі зносостійких композитів на основі алюмінію / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2015. – № 1. – С. 46–52.
15. Effect of manufacture technology on properties of aluminium alloy wastes-based bearing composites for printing machines / T. Roik, A. Gavrish, P. Kyrychok, Yu. Vitsuk // Int. J. Innovative and Informatics Manufacturing Technologies. – 2014. – № 1. – P. 35–39.
16. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.
17. Лавриненко В.І. Надтверді абразивні матеріали в механообробні / За заг. ред. акад. НАНУ М.В. Новікова. – К.: Видво ІНМ НАН України, 2013. – 456 с.
18. Роїк Т.А., Киричок П.О., Гавриш А.П. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації: Монографія. – К.: НТУУ "КПІ", 2007. – 404 с.

19. Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.А. Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні: Монографія. – К.: ЕКМО, 2010. – 212 с.
20. Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.А. Новітні технології виробництва стандартизованих виробів: Монографія. – К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 204 с.

References

1. A. Matalin, *Technological Methods of Machine Parts Increase Durability*. Kyiv, USSR: Tehnika, 1971, 144 p. (in Russian).
2. A. Matalin, *Surface Quality and Performance of the Machines*. Leningrad, USSR: Mashgiz, 1976, 384 p. (in Russian).
3. B. Kostecki et al., *Reliability and Durability of Machines*. Kyiv, USSR: Tehnika, 1975, 408 p. (in Russian).
4. A. Dalsky, *Technology to Ensure Reliability of Precision Parts*. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 1975, 224 p. (in Russian).
5. V. Medved, *Technological Fundamentals of Engineering*. Lviv: Vyshcha Shkola, USSR: 1976, 300 p. (in Ukrainian).
6. P. Rudenko, *Design of Technological Processes in Mechanical Engineering*. Kyiv, USSR: Vyshcha Shkola, 1985, 255 p. (in Russian).
7. A. Sokolovsky, *Scientific Bases of Technology of Mechanical Engineering*. Saint Petersburg, USSR: Mashgiz, 1955, 515 p. (in Russian).
8. V. Korsakov, *Basics of Mechanical Engineering*. Moscow, USSR: Vysshaja Shkola, 1974, 280 p. (in Russian).
9. S. Mitrofanov, *Group Technology Engineering Production*. Leningrad, USSR: Mashinostroenie, 1983, 407 p. (in Russian).
10. A. Yakimov et al., *Technology of Mechanical Engineering*. Odesa, Ukraine: Astroprint, 2001, 602 p. (in Russian).
11. P. Yascheritsin et al., *Cutting Theory*. Minsk, Belarus: Novoe Izdanie, 2006, 512 p. (in Russian).
12. A. Gavrish et al., “Effect modes superfinishing grinding surfaces of revolution on quality composite parts rubbing printing machines”, *Mashynoznavstvo*, no. 7–8, pp. 34–39, 2013 (in Ukrainian).
13. Yu. Vitsyuk et al., “Contact interaction of abrasive tool and parts processing surfaces of printing machines during abrasive hones superfinishing”, *Tekhnolohiya i Tekhnika Drukarstva*, no. 3, pp. 62–85, 2013 (in Ukrainian).
14. A. Gavrish et al., “An influence of diamond superfinishing parameters for rotation surfaces quality of high-ligature composite materials on the base aluminum”, *Naukovi Visti NTUU “KPI”*, no. 1, pp. 46–52, 2015 (in Ukrainian).
15. T. Roik et al., “Effect of manufacture technology on properties of aluminium alloy wastes-based bearing composites for printing machines”, *Int. J. Innovative and Informatics Manufacturing Technologies*, no. 1, pp. 35–39, 2014.
16. L. Khudobin and E. Berdichev, *Technology of Cutting Tools Application in Metalworking*. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 1977, 192 p. (in Russian).
17. V. Lavrinenko, *Superhard Abrasives in Machining*. Kyiv, Ukraine: Publishing House ISM NAS of Ukraine, 2013, 456 p. (in Ukrainian).
18. T. Roik et al., *Composite Bearing Material for High Operating Conditions*. Kyiv, Ukraine: NTUU “KPI”, 2007, 404 p. (in Ukrainian).
19. T. Roik and A. Gavrish, *Modern Systems of Blanking Production Technologies in Engineering*. Kyiv, Ukraine: ЕКМО, 2010, 212 p. (in Ukrainian).
20. T. Roik et al., *Recent Production Technologies of Standardized Products*. Kyiv, Ukraine: NTUU “KPI”, 2012, 204 p. (in Ukrainian).

А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.І. Лотоцька, Ю.Ю. Віцюк

МІКРОГЕОМЕТРІЯ ПОВЕРХНІ І СТАН ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З ВИСОКОЛЕГОВАНИХ КОМПОЗИТИВ ЗА УМОВИ АБРАЗИВНОГО СУПЕРФІНІШУВАННЯ

Проблематика. Особливості мікрогеометрії поверхні зносостійких деталей тертя з нових композиційних сплавів 11РЗАМЗФ, 85Х6НФТ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3 і 4Х2В5МФ, які містять у своєму складі титан, вольфрам, молібден і ванадій з домішками СаF₂, та її вплив на параметри якості.

Мета дослідження. Метою роботи є визначення параметрів якості поверхонь за умови надтонкого оздоблювального суперфінішування деталей тертя машинних комплексів, які виготовлені з нових композиційних сплавів 11РЗАМЗФ, 85Х6НФТ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3 і 4Х2В5МФ, що містять у своєму складі титан, вольфрам, молібден і ванадій з домішками СаF₂, а також встановлення закономірностей впливу абразивного суперфінішування на параметри якості й точності поверхонь деталей тертя.

Методика реалізації. Обробка поверхонь деталей тертя з високолегованих композитів на основі відходів штампових та інструментальних сталей абразивним суперфінішуванням.

Результати дослідження. Наведено результати досліджень тонких технологічних процесів суперфінішування та формациї поверхонь деталей, які були виготовлені з нових композиційних матеріалів на основі відходів штампових та інструментальних сталей і які мають у своєму складі такі хімічні елементи як титан, вольфрам, молібден та ванадій. Встановлено, що залежність якості поверхні композитних деталей визначається складом абразивних брусків, їх зернистістю, типом зв'язки суперфінішних інструментів та режимів різання. Розроблено рекомендації з вибору абразивних брусків для промислових машинобудівних підприємств.

Висновки. Показано, що високі значення параметрів якості робочих поверхонь тертя деталей, наприклад залишкових напружень і мікротвердості поверхневих шарів, забезпечуються взаємодією між режимами різання та тертя–полірування абразивними брусками і залежать від зернистості та властивостей абразивних інструментів для тонкої технології суперфінішування. Найкращі результати забезпечуються використанням брусків із карбиду кремнію зеленого на еластичній гліфталевій зв'язці зернистістю 7–14 мкм (63СМ7СМ2Гл, 63СМ14СМ2Гл) та тонкими режимами різання.

Ключові слова: нові композити; суперфінішування; абразивні бруски; режими різання; якість поверхонь.

А.П. Гавриш, Т.А. Роик, О.И. Лотоцкая, Ю.Ю. Вицюк

МИКРОГЕОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТИ И СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ АБРАЗИВНОМ СУПЕРФИНИШИРОВАНИИ

Проблематика. Особенности микрогеометрии поверхности износостойких деталей трения из новых композиционных сплавов 11Р3АМ3Ф, 85Х6НФТ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3 и 4Х2В5МФ, которые содержат титан, вольфрам, молибден и ванадий с добавками СаF₂, и ее влияние на параметры качества.

Цель исследования. Целью работы является определение параметров качества при сверхтонком суперфинишировании деталей трения машинных комплексов, которые изготовлены из композиционных сплавов 11Р3АМ3Ф, 85Х6НФТ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3 и 4Х2В5МФ, содержащих титан, вольфрам, молибден и ванадий с добавками СаF₂, а также установление закономерностей влияния абразивного суперфиниширования на параметры качества и точности деталей трения.

Методика реализации. Обработка поверхностей деталей трения из высоколегированных композитов на основе отходов штамповых и инструментальных сталей абразивным суперфинишированием.

Результаты исследования. Приведены результаты исследований тонких технологических процессов суперфиниширования и формирования поверхностей деталей, которые были изготовлены из новых композитных материалов на основе отходов штамповых и инструментальных сталей и которые имеют в своем составе такие химические элементы, как титан, вольфрам, молибден и ванадий. Установлено, что зависимость качества поверхности композитных деталей определяется составом абразивных брусков, их зернистостью, типом связки суперфинишных инструментов и режимов резания. Эти рекомендации удовлетворяют требованиям к качеству поверхностей трения рабочих поверхностей деталей. Разработаны рекомендации по выбору абразивных брусков для промышленных машиностроительных предприятий.

Выводы. Показано, что высокие значения параметров качества поверхностей трения деталей, например остаточных напряжений и микротвердости поверхностных слоев, обеспечиваются взаимодействием между режимами резания и трения–полирования абразивными брусками и зависят от зернистости и свойств абразивных инструментов для тонкой технологии суперфиниширования. Лучшие результаты могут обеспечить использование брусков из карбида кремния зеленого на эластичной гліфталевої зв'язці зернистістю 7–14 мкм (63СМ7СМ2Гл, 63СМ14СМ2Гл) и тонкие режимы резания.

Ключевые слова: новые композиты; суперфиниширование; абразивные бруски; режимы резания; качество поверхностей.

Рекомендована Радою
Видавничо-поліграфічного інституту
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
18 листопада 2014 року