

Рис.6. Виведення результатів

Інформаційні джерела

1. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования. / А.И. Грабченко. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьковском университете, 1985. – 184с.
2. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / А.И. Грабченко. – Харьков : Высш. Школа, 1985. – 184 с.
3. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 172 с.
4. Ящерицын П.И. Шлифование металлов / П.И. Ящерицын, Е.А. Жельнерович. – Минск, 1970. – 249 с.

УДК 621.822

Ю.А. Лук'яничук, к.т.н., Л.М. Равенець, Ю.В. Ільчук
Луцький національний технічний університет

ФОРМУВАННЯ МІКРОПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ОПЕРАЦІЯХ БЕЗЦЕНТРОВОГО ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАННЯ

У статті розглянуто процес формування мікрогеометрії поверхонь обертання роликів в процесі їх оброблення абразивними переривчастими шліфувальними кругами та проведено порівняння результатів проведеного теоретичного аналізу і розрахунку мікропрофілю шліфованої поверхні, що утворюється, з даними експериментальних досліджень по вимірюванню шорсткості, яка отримана в процесі оброблення.

Ключові слова: роликопідшипник, шорсткість, мікропрофіль поверхні, хвилястість, макровідхилення, переривчастий абразивний інструмент.

В статье рассмотрен процесс формирования микрогеометрии поверхностей вращения роликов в процессе их обработки абразивными прерывистыми шлифовальными кругами и проведено сравнение результатов проведенного теоретического анализа и расчета микропрофиля шлифованной поверхности, образующийся данным экспериментальных исследований по измерению шероховатости, полученной в процессе обработки.

Ключевые слова: роликподшипник, шероховатость, микропрофиль поверхности, волнистость, макроотклонение, прерывистый абразивный инструмент.

The article deals with the formation microgeometry surfaces rotation rollers during their processing intermittent abrasive grinding wheels and compared the results of theoretical analysis and calculation microprofile polished surface that forms with those of experimental studies to measure the roughness generated in the course of treatment.

Keywords: roller, roughness, microprofile surface waviness, intermittent abrasive tools.

Якість поверхневого шару роликів роликотішлипників формується на операціях шліфування. Показники якості поверхневого шару діляться на дві групи: геометричні та фізико-механічні. До геометричних показників якості поверхневого шару відносяться висота шорсткості шліфованої поверхні роликів. До фізико-механічних показників якості поверхневого шару відноситься комплекс властивостей, що характеризують стан мікроструктури, розподілення мікротвердості по глибині, характер зміни і величини залишкових напружень.

Від зносостійкості абразивних шліфувальних кругів залежить формування якості обробленої поверхні, продуктивність і вартість оброблення. Знос переривчастих абразивних кругів і формування мікропрофілю шліфованої поверхні є взаємопов'язаними характеристиками динаміки процесу шліфування переривчастими кругами, що визначаються протяжністю їх ріжучого виступу і впадини.

При вивченні цього питання використовувались гіпотези і положення про причини, характер і закономірність зносу абразивних шліфувальних кругів, опубліковані в роботах вітчизняних [1, 2, 3] і закордонних [4, 5] дослідників. Відзначається, що в залежності від умов різання шліфувальні круги можуть піддаватись наступним видам зносу: механічному, адгезійному та дифузійному.

У зв'язку з тим, що в наш час поки що невідомі способи якісної оцінки відсотку кожного виду зносу круга і їх зміни в залежності від умов шліфування, визначається загальний знос круга.

Встановлено, що між зносом круга і умовами шліфування є залежність: легкі режими при інших рівних умовах, сприяють затупленню шліфувального круга, а важкі – самозагостренню. Створення умов для самозаточування круга збільшує продуктивність шліфування. Інтенсифікація процесу самозагострення забезпечується ударними умовами роботи круга під час переривчастого шліфування.

Дослідження зносостійкості, ріжучої здатності і формування мікропрофілю шліфованої поверхні під час переривчастого шліфування проводилось для переривчастих кругів у порівнянні зі звичайними тієї ж характеристики.

Важливою проблемою, яка потребує вирішення є дослідження формування мікропрофілю поверхонь обертання на операціях без центрального шліфування та зв'язок між геометричними характеристиками поверхні оброблення та експлуатаційними властивостями шліфувального круга.

Під час безцентрального шліфування оброблювану заготовку встановлюють на опорний ніж між шліфувальним і ведучим кругами. Швидкість різання шліфувальним кругом складає 30-60м/с, а ведучий круг забезпечує обертання заготовки зі швидкістю 10-40м/хв. Оскільки сила тертя між шліфувальним кругом і заготовкою менша, ніж між заготовкою і ведучим кругом, останній надає заготовці обертання з необхідною швидкістю.

Застосовують два методи шліфування: напрохід (з повздовжньою подачею) і врізне (з поперечною подачею). Рух повздовжньої подачі забезпечується поворотом осі ведучого круга на кут α . Швидкість v_v ведучого круга розкладають на дві складові: швидкість заготовки v_z і повздовжню подачу S , де $S=v_v \cdot \sin\alpha$. Щоб забезпечити лінійний контакт ведучого круга з циліндричною поверхнею заготовки, ведучому кругу в процесі правки надають форму гіперболоїда.

Основні технологічні особливості безцентрального шліфування є:

- оброблювана заготовка обертається вільно без закріплення в призмі, утвореною опорним ножом і ведучим кругом, завдяки чому усуваються деформації заготовки, можливі при її затисканні, а обертання в призмі дозволяють ефективно усувати відхилення шліфувальної поверхні від круглості;
- обертання заготовки здійснюється за рахунок сил тертя між нею і ведучим кругом; для якісного оброблення необхідно, щоб заготовка почала обертатись до контакту з шліфувальним кругом, що в значній мірі визначається станом опорного ножа – його плоска опорна поверхня повинна мати високу твердість і найменшу шорсткість ($Ra=0,05-0,15\text{мкм}$), для того щоб тертя між заготовкою і ножом було мінімальним;
- ведучий круг виконує роль не тільки пристрою, що сповільнює обертання заготовки (при її розкручуванні шліфувальним кругом), але й додаткової опори, що значно підвищує жорсткість технологічної системи, завдяки чому на безцентрово-шліфувальних верстатах можна обробляти на підвищених повздовжніх подачах заготовки без їх деформації в процесі шліфування;
- безцентрове шліфування, що проводиться без затискання заготовки і спрощує автоматизацію оброблення, скорочує час на встановлення заготовки і зняття деталі.

Жорсткість технологічної системи безцентрово-шліфувальних верстатів в 1,5-2 рази вища, ніж круглешліфувальних, тому і режими різання при безцентровому шліфуванні підвищують приблизно в 1,5-2 рази.

Безцентрове шліфування забезпечує високе оброблення по значенні шорсткості. Ефективно зменшується також відхилення форми заготовок (наприклад, з вихідного значення 0,3мм воно може бути зменшено до 0,0025мм).

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

В процесі безцентрового шліфування оброблювана заготовка лежить на опорному ножі і ведучому крузі. Опорний ніж встановлюють на висоті так, щоб центр оброблюваної заготовки знаходився вище лінії центрів шліфувального і ведучого кругів приблизно на $0,5d$ (де d – діаметр заготовки), але не більше ніж 14мм. Опорна поверхня ножа повинна бути строго паралельною осі шліфувального круга. Відхилення від прямолінійності опорної поверхні ножа не повинно перевищувати 0,01мм на 100мм довжини. Товщина опорного ножа повинна бути на 1-2мм менша оброблюваної заготовки, але не більше 12мм. Рекомендована товщина товщинна опорних ножів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Рекомендована товщина опорних ножів

Діаметр заготовки, мм	1,5-3	3-6,5	6,5-12	12,5 і більше
Товщина ножа, мм	1,25	2,5	6	12

Кут скосу опорної поверхні ножа в процесі оброблення заготовок довжиною до 100мм і діаметром до 30мм приймають рівним 30° , а при більших розмірах – $20-25^\circ$.

Опорні ножі мають пластини із твердого сплаву ВК8, високу зносостійкість, але під час шліфування заготовок діаметром до 3мм застосування твердого сплаву неможливе і в цьому випадку використовують сталеві ножі. В цілях економії верхню частину такого ножа виготовляють із легованої або швидкоріжучої сталі, а нижню – з вуглецевої сталі.

В умовах серійного і масового виробництва доцільно розділити шліфування на декілька операцій, для того щоб заготовка краще була підготовлена до фінішного оброблення і кінцеве шліфування виконувалось дрібнозернистим кругом, що має високу кромкостійкість.

Таблиця 2

Зв'язок параметрів фізико-механічного стану поверхні з експлуатаційними властивостями деталей підшипників

Експлуатаційні властивості	Геометричні характеристики поверхні															
	Шорсткість										Хвилястість				Макровідхилення	
	R_a	R_z	R_{max}	S_m	S	t_p	(R_p)	t_{fp}	ρ	ρ'	W_a	W_{max}	W_p	S_{mW}	H_{max}	H_p
Тертя	(+)	(+)	(+)	(+)	·	+	+	(+)	+	·	(+)	(+)	+	(+)	(+)	+
Вибіркове перенесення	(+)	(+)	(+)	+	·	(+)	+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)	(+)	+
Втомленісна міцність	(+)	(+)	+	(+)	·	·	+	·	·	+	·	+	(+)	(+)	(+)	(+)
Контактна жорсткість	(+)	(+)	(+)	(+)	·	+	+	+	+	·	(+)	(+)	+	(+)	(+)	+
Корозійна стійкість	+	(+)	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)	·	(+)	+	(+)	(+)	(+)	·	(+)
Міцність зчеплення покриттів	(+)	+	(+)	+	·	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	·	·
Тепловіддача	+	(+)	(+)	+	+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Для отримання формул, що описують мікрогеометрію поверхні, яка утворюється під час переривчастого шліфування, розглянемо схему контакту переривчастого круга з оброблюваною поверхнею на операціях круглого шліфування (рис.1). При цьому візьмемо ідеальний випадок формування мікропрофілю, що утворюється лише за рахунок кінематичного відносного руху точок периферії ріжучого виступу і оброблюваної деталі, без врахування коливань круга і деталі.

Рівняння, що описує траєкторію переміщення точки ріжучого виступу переривчастого круга, має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= R \sin \varphi \pm v_d t \\ y &= R - R \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де R – радіус круга, мм; v_d – швидкість переміщення виробу, мм/хв.; t – час.

У рівнянні (1) знак «+» відповідає врізному шліфуванню, а знак «-» повздовньому. Виключивши з рівняння (1) параметр φ і прийнявши $\sin\varphi \approx \varphi$, отримаємо рівняння траєкторії переміщення точки ріжучого виступу круга.

$$y = \frac{R}{2 \cdot \left(\frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot x^2 \quad (2)$$

де ω – кутова швидкість обертання круга, рад/хв..

Рівняння кривої, що обмежує нижню межу перерізу, має вигляд:

$$y = \frac{R}{2 \cdot \left(\frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot (x - S'')^2 \quad (3)$$

Координати точки перехрещення верхньої і нижньої параболічної кривої, що обмежує переріз, визначаються виразами:

$$x_{\text{в}} = \frac{S''}{2}; \quad y_{\text{к}} = \frac{R}{8 \cdot \left(\frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot S''^2. \quad (4)$$

$$\text{де } S'' = \frac{v_a l_2}{\omega R}; \quad S = \frac{v_a l_1}{\omega R}; \quad S' = \frac{v_a (l_2 + l_1)}{\omega R} \quad (5)$$

l_1, l_2 – відповідно протяжність ріжучого виступу і впадини поверхні переривчастого круга.

Підставивши (5) в (4), отримаємо:

$$H = \frac{v_a^2 l_2^2}{8 \omega^2 R \cdot \left(\frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \quad (6)$$

Формули (5) і (6) описують мікронерівності, що з'являються на поверхні ролика, який шліфується кругами з переривчастою робочою поверхнею. На поверхні утворюється мікрорельєф з кроком S і висотою H . Мікронерівності залежать від геометричних параметрів круга l_1, l_2, R і режимів шліфування v_a і ω .

Розрахунок формул (5) і (6) на ЕВМ при різних геометричних параметрах переривчастих кругів і режимах шліфування, дозволив зробити наступний висновок (рис.2). При режимах шліфування, що використовуються на практиці, ($v_a, v_{\text{кр}}$) і геометричних параметрах, що застосовують, мікропрофіль, який утворюється на поверхні деталі, зумовлений переривчастістю поверхні круга, має максимальні параметри: $H = 2 \cdot 10^{-4}$ мм, $S'' = 5 \cdot 10^{-1}$ мм. При співставленні висоти мікропрофілю, який характеризується величиною H , з числовим значенням шорсткості Ra (ГОСТ 2789-59) видно, що ця висота відповідає шорсткості поверхні $Ra=0,64-0,8$ мкм. Відповідно, мікропрофіль поверхні деталі, що зумовлений переривчастістю поверхні круга, відповідає технічним вимогам по шорсткості на ролика підшипників, які працюють при високих швидкостях і передають великі навантаження.

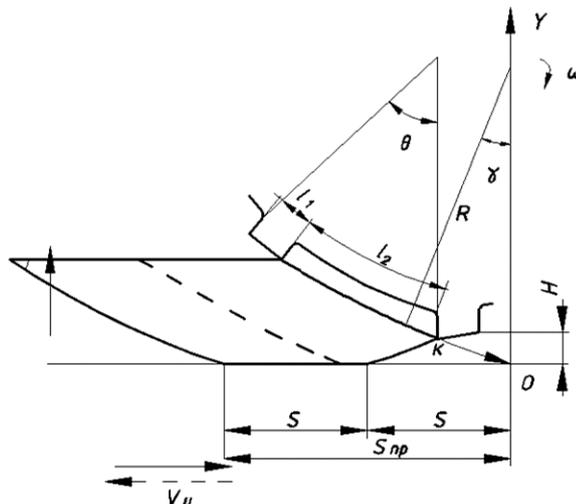


Рис. 1. Схема формоутворення мікропрофілю поверхні обертання на операції круглого переривчастого шліфування

Варто зазначити, що розраховані параметри (H, S'') відповідають мікропрофілю шліфованої поверхні, яка утворюється під час шліфування за один прохід. В реальних умовах шліфування верстату ці параметри будуть значно нижчими.

Порівняння результатів проведеного теоретичного аналізу і розрахунку мікропрофілю шліфованої поверхні, що утворюється, з даними експериментальних досліджень по вимірюванню шорсткості, яка отримана під час шліфування суцільними і переривчастими кругами, показало, що шорсткість, яка досягнута різанням шліфованої поверхні зернами суцільного круга значно вища, ніж мікропрофіль, який формується за рахунок переривчастого процесу шліфування.

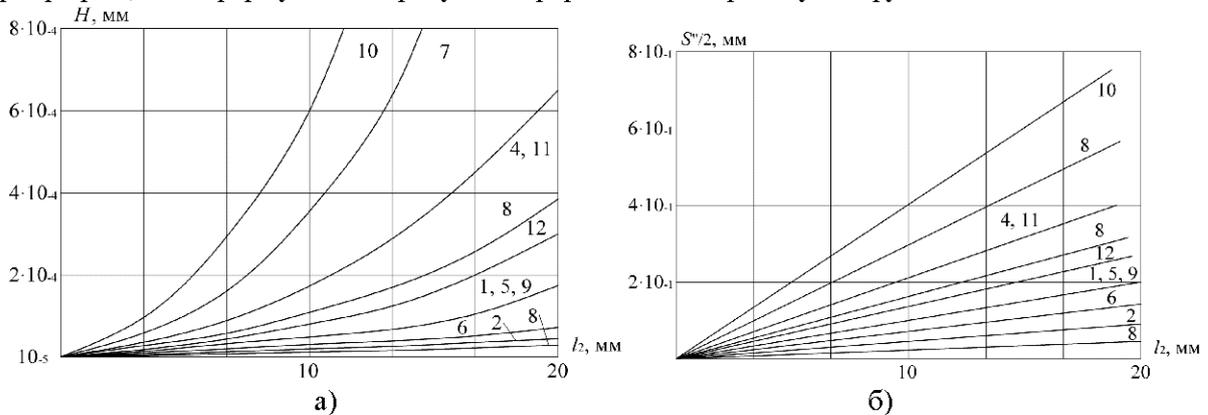


Рис.2. Залежність висоти (а) і довжини (б) мікронерівностей поверхні від протяжності впадини переривчастого круга на різних режимах шліфування ($R_{кр} = 500$ мм): 1) $V_B = 45$ м/хв., $V_{кр} = 35$ м/с; 2) $V_B = 45$ м/хв., $V_{кр} = 40$ м/с; 3) $V_B = 45$ м/хв., $V_{кр} = 45$ м/с; 4) $V_B = 56$ м/хв., $V_{кр} = 35$ м/с; 5) $V_B = 56$ м/хв., $V_{кр} = 40$ м/с; 6) $V_B = 56$ м/хв., $V_{кр} = 45$ м/с; 7) $V_B = 71$ м/хв., $V_{кр} = 35$ м/с; 8) $V_B = 71$ м/хв., $V_{кр} = 40$ м/с; 9) $V_B = 71$ м/хв., $V_{кр} = 45$ м/с; 10) $V_B = 90$ м/хв., $V_{кр} = 35$ м/с; 11) $V_B = 90$ м/хв., $V_{кр} = 40$ м/с; 12) $V_B = 90$ м/хв., $V_{кр} = 45$ м/с

Інформаційні джерела

1. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / А.И. Грабченко. – Харьков : Высш. Школа, 1985. – 184 с.
2. Якимов А.А. Технологические основы обеспечения и стабилизации качества поверхностного слоя при шлифовании зубчатых колес / А.А. Якимов. Одесса : «Астропринт», 2003. – 456 с.
3. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
4. Ящерицын П.И. Технологическая и эксплуатационная наследственность и её влияние на долговечность машин / П.И. Ящерицын, Ю.В. Скорыпин. – Минск : Наука и техника, 1978. – 119 с.
5. Oczos K. Struktura geometryczna powierzchni / K. Oczos, V. Luibimov. –Rzeszow, 2003. – 200 p.

УДК 389.14

Ю.А. Лук'яничук, к.т.н., В.П. Симонюк, к.т.н., Г.П. Трохимчук

Луцький національний технічний університет

ПРО ВИПРОБУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА СТІЙКІСТЬ ДО ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ

В статті розглянуті питання експлуатації, повірки та опробування засобів вимірювальної техніки в реальних та критичних умовах їх використання і розроблено рекомендації щодо випробування цих приладів на стійкість до зміни температури.

Ключові слова: класифікація Бера, кліматичні умови, випробування приладів.

В статье рассмотрены вопросы эксплуатации, поверки и опробование средств измерительной техники в реальных и критических условиях их использования и разработаны рекомендации по испытанию этих приборов на устойчивость к изменению температуры.

Ключевые слова: классификация Бэра, климатические условия, испытания приборов.

The article deals with the question of operation, calibration and checking of measuring instruments in real and critical conditions of their use and recommendations for testing these devices for resistance to temperature changes.

Keywords: classification Baer, climatic conditions, test devices.