

УДК 681.2

Т.Г. Джугурян<sup>1</sup>, д.т.н., І.В. Марчук<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

## ОСОБЛИВОСТІ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРИВЧАСТИМИ ШЛІФУВАЛЬНИМИ КРУГАМИ

*В роботі розглядаються особливості шліфування поверхонь деталей переривчастими шліфувальними кругами та описується вплив технологічних чинників, таких як характеристика шліфувального круга, режими оброблення на стійкість шліфувального круга та шорсткість шліфувальної поверхні деталі.*

**Ключові слова:** шліфувальний круг, стійкість інструменту, шорсткість поверхні.

*В работе рассматриваются особенности шлифования поверхностей деталей прерывистыми шлифовальными кругами и описывается влияние технологических факторов, таких как характеристика шлифовального круга, режимы обработки на стойкость шлифовального круга и шероховатость шлифовальной поверхности детали.*

**Ключевые слова:** шлифовальный круг, стойкость инструмента, шероховатость поверхности.

*The features of polishing of surfaces of details are in-process examined by irregular grinding circles and influence of technological factors is described, such as description of grinding circle, modes of treatment on firmness of grinding circle and roughness of grinding surface of detail.*

**Keywords:** grinding wheel, instrument stability, surface roughness.

Існує не велика кількість робіт, присвячених дослідженню динамічних явищ, які присутні при переривчастому шліфуванні.

Нікулкін Б.І. і Рогачов В.М., при вивченні питань динаміки переривчастого шліфування в якості пружного елемента розглядають кільце роликотітшипника, яке встановлено в безцентровий круглошліфувальний верстат і отримує збурення від шліфувального круга, без врахування пружності самої системи шліфувального верстату. Результати досліджень дозволили зробити висновок, що автоколивання, обумовлені спадною залежністю сили тертя від швидкості шліфування, не виникають в контакті круга і виробу, якщо час контакту ріжучого виступу менше періоду власних коливань кільця. Це може сприяти покращенню параметрів процесу шліфування. В табл. 1 наведені порівняльні дані по круглому шліфуванню кругами з суцільною і переривчастою робочою поверхнями [1]. Коливання, які збурюють переривчастістю процесу різання змінюють умови взаємодії круга і кільця, підвищують стійкість круга в 1,2-1,7 рази і шорсткість поверхні – в 1,1-1,4 рази при незначному зниженні знімання металу.

На наш погляд, розгляд тільки кільця роликотітшипника в якості пружного елемента, без врахування динамічних характеристик самої пружної системи верстату, не дозволяє зробити кінцевого висновку про можливість використання переривчатих кругів на тому чи іншому типі обладнання і розглянути питання оптимізації їх геометричних параметрів з позиції динаміки процесу різання. Крім того, при шліфуванні конкретного кільця шляхом вибору визначених баз для її закріплення, чи встановленням додаткових елементів, які закріплюють кільце і приводять до зміни її жорсткості, можна звести до мінімуму чи повністю виключити коливання кільця, що є компетенцією інженера-технолога, який розробляє технологічний процес оброблення кільця на операції шліфування. А динамічні характеристики пружної системи верстату залишаються не змінними.

Розгляд даної задачі із врахуванням динамічних характеристик пружної системи шліфувального верстату має загальний характер як для випадку переривчастого шліфування, так і для шліфування суцільним кругом переривчатих поверхонь виробу (кільця, які мають на поверхні заглиблення, які чергуються, заточення протяжок, черв'ячних фрез та ін.).

Потьомкін В.І., Кігель І.Г. досліджували знос переривчатих кругів з протяжністю ріжучого виступу ( $l_1$ ) і впадини ( $l_2$ ), розрахованими по методиці, запропонованою Сипайловим В.А і Якімовим А.В. [2]. Проте в одному і другому випадку не вивчалась залежність розмірного зносу переривчастого круга і питома продуктивність шліфування на протяжності виступу і впадини переривчастого круга. В той же час величина радіального зносу переривчастого шліфувального круга має дуже суттєве значення в тих випадках, коли потрібна висока точність форми і розміру кільця (наприклад, при

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

профільному шліфуванні), а питома продуктивність дозволяє кількісно оцінити потрібність в шліфувальних кругах.

Таблиця 1

Порівняльні дані по круглому шліфуванню кругами з суцільною і переривчатою робочою поверхнями

Модель верстату	Розміри і характеристики круга	Параметри вирізів круга		Оброблюваний матеріал Твердість (HRC)	Режим оброблення				Об'єм знятого металу мм <sup>3</sup> /хв	Знос круга мм <sup>3</sup> /хв	Стійкість круга хв	Шорсткість обробленої поверх по (Ra) мкм
		Довжина, мм	Кількість, шт		V <sub>кр</sub> м/с	V <sub>н</sub> м/хв	S мм/хід	T мм/хід				
SASL 5D	ПП250x25x75	8	24	P9Ф5	35	12	2	0,01	$\frac{31}{27}$	$\frac{108}{160}$	$\frac{12}{18}$	$\frac{0,08}{0,1}$
	24A25CM2K5			(HRC 64)				0,02	$\frac{53}{50}$	$\frac{110}{191}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{0,09}{0,12}$
								0,04	$\frac{79}{70}$	$\frac{115}{120}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{0,1}{0,14}$

Примітка:

1. В чисельнику наведені результати шліфування звичайним кругом, в знаменнику – переривчатим (після нанесення на цих кругах вирізів).
2. Стійкість визначалась по рівню коливань  $A(t) \approx 20 \mu\text{м}$  і моментом появи припіків.

При дослідженні процесу шліфування твердого сплаву торцем чашкоподібного круга Гордеевим А.В. отримані дані про те, що переривчаті круги навіть на зв'язці Б1 мають менший розхід алмазів, приблизно на 10-13%, в порівнянні зі звичайними.

Результати досліджень питомої продуктивності звичайних, крупнопористих і переривчатих кругів, виконані в Волжск ВНАШІ, представленні в табл. 2.

Таблиця 2

Результати досліджень питомої продуктивності звичайних, крупнопористих і переривчатих кругів

Характеристика кругів	Зняття металу, мм <sup>3</sup>	Знос круга, мм <sup>3</sup>	Питоме зняття металу
24A25CM18K5 (звичайний)	4230	65	65
24A25M2 (крупнопористий)	4230	54	78
24A25CM28K (переривчатий) ( $l_1=67\text{мм}$ , $l_2=20\text{мм}$ )	4230	35	120

Сталь 12X2H4AШ  $v_{кр}=23\text{м/с}$ ,  $v_{д}=23\text{м/хв.}$ ,  $t=0,01\text{мм}$

Проведені дослідження показують, що навантаження на зерна переривчатих кругів розподіляється більш рівномірно. Довгий час зберігається хороша їх роботоздатність, в той час коли звичайні круги швидко втрачають свою ріжучу здатність і потребують правки.

Питоме зняття металу переривчатим кругом більше, ніж звичайним в 1,8 рази, а крупно пористим – в 1,5 рази. Якщо прийняти розмірний знос переривчатого круга за 1, то розмірний знос крупно пористого і звичайного буде складати відповідно 1,14 і 1,28.

Вперше дослідження по зносу переривчатих абразивних кругів в залежності від їх геометричних параметрів при шліфуванні високо хромованих сталей були виконані Кудашкіним В.Н. Автор провів експерименти по встановленню оптимальних параметрів кругів з врахуванням не тільки забезпечення мінімальної температури в зоні шліфування, а й розмірного зносу переривчатого круга. Дослідження зносу від геометричних параметрів здійснювалось по двом варіантам:

1. Змінювались протяжність ріжучого виступу ( $l_1$ ) і число ріжучих виступів ( $n$ ) при постійній протяжності впадини круга ( $l_2$ );
2. Змінювалась протяжність ріжучого виступу і впадини ( $l_1$  і  $l_2$ ) при постійному числі ріжучих виступів ( $n$ ).

Результати проведених досліджень по вимірюванню розмірного зносу ( $\Delta R$ ) і питомої продуктивності ( $q'$ ) в залежності від фіксованих геометричних параметрів переривчатих кругів

представлені на рис. 1. По мірі зменшення протяжності ріжучого виступу ( $l_1$ ) і збільшенням протяжності впадини ( $l_2$ ) проходить підвищення радіального зносу і відповідно зниження питомої продуктивності шліфування. Особливо інтенсивно це проявляється при одночасному зменшенні  $l_1$  і збільшенні  $l_2$ . В результаті різко скорочується загальне число зерен, які приймають участь в мікрорізанні, росте навантаження на них і руйнування зерен і зв'язки проходить досить інтенсивно.

Проведені дослідження дозволили автору [2] зробити висновок, що виготовлення кругів з протяжністю ріжучого виступу малих розмірів і впадин великої протяжності недоцільно, оскільки при цьому, не дивлячись на інтенсивний знос і малу питому продуктивність, не вдається значно знизити температуру в зоні різання. Оптимальними розмірами виступів ( $l_1$ ), при яких досягається найбільше зниження температури і невеликий радіальний знос ( $\Delta R$ ) круга варто рахувати  $l_1=10-40$ мм. Величина впадин вибирається із міркувань зносостійкості, технологічності виготовлення, забезпечення хорошого балансування кругів і складає  $l_2=(0,5-1) l_1$ .

В роботах [1, 2] досліджено питання питомої продуктивності ( $q'$ ) переривчатого шліфування в залежності від часу шліфування і шорсткості поверхні, прошліфовані переривчатими кругами. Проте авторам не вдалося врахувати всі можливі варіанти поєднань довжин виступів і впадин переривчатого круга, що зв'язано з проведенням великої кількості експериментів, і отримати дані по зносостійкості, ріжучій здатності і формуванню шорсткості поверхні при шліфуванні переривчатими кругами в широкому діапазоні спеціальних досліджень.

Проведений нами огляд робіт, виконаних по дослідженню динамічних явищ, які присутні при переривчастому шліфуванні, дозволяє зробити висновок, що описані в літературі дослідження представляють власні і суперечливі залежності, на основі яких не можливо рекомендувати геометричні параметри переривчатих кругів і режими шліфування, які забезпечують потрібну продуктивність і якість поверхні кілець роликотідшипників, що шліфуються. В літературі відсутні відомості про дослідження коливаний пружної системи безцентрового круглошліфувального верстату при переривчастому шліфуванні, що не дозволяє вибрати оптимальні геометричні параметри переривчатого круга з метою забезпечення стійкої роботи верстату.

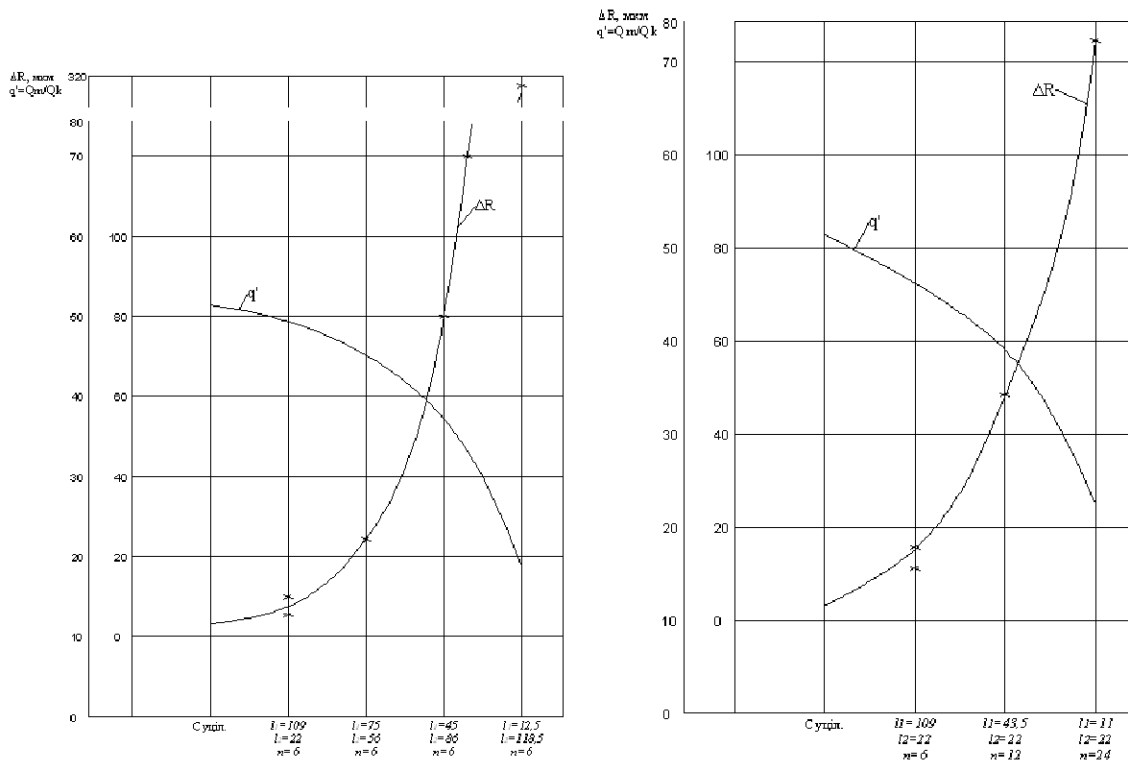


Рис. 1. Зміна розмірного зносу  $\Delta R$  і питомої продуктивності  $q'$  в залежності від геометричних параметрів ( $l_1$ ,  $l_2$ ,  $n$ ) переривчатого круга (по Кадашкіну В.Н.)

Зростаючі вимоги до якості поверхні машинобудівної продукції викликає необхідність використання на фінішних операціях оброблення кілець роликотідшипників на різних типах шліфувальних верстатів кругів з переривчатою робочою поверхнею.

Відсутність в наш час досліджень по динаміці процесу шліфування кругами з переривчатою робочою поверхнею стримує їх ще більш широке впровадження і централізоване промислове виготовлення, а також розробку методики по вибору режимів різання і геометричних параметрів переривчатих кругів, які забезпечують потрібну продуктивність і шорсткість оброблюваних кілець роликотідшипників.

В цій роботі приводяться теоретичні і експериментальні дослідження динаміки процесу переривчастого шліфування на верстаті SASL 5, з метою розробки методики підбору геометричних параметрів кругів і режимів переривчастого шліфування для роботи на гамі безцентрових круглошліфувальних верстатів (мод. SASL 5D, SASL125/1, SASL 200 та ін.). Виконана нами робота є продовженням і розвитком досліджень процесу переривчастого шліфування і представляє собою частину загальної проблеми покращення якості поверхонь кілець роликотідшипників, що шліфуються, над якою працюють наукові колективи кафедр «Технологія машинобудування» Пермського і Одеського політехнічних інститутів під керівництвом д.т.н., проф. Якімова А.В.

#### Інформаційні джерела

1. Якімов О.В. Високопродуктивне шліфування / О.В. Якімов, Ф.В. Новиков. – К.: ІНТМ, 1995. – 180с.
2. Марчук В.І. Вплив технологічних чинників на експлуатаційні характеристики роликотідшипників / В.І. Марчук // Наукові нотатки: міжвузівський збірник (за напрямом “Інженерна механіка”). – 2003. – Випуск 12. – С. 179–184.

УДК 621.822

В.І. Марчук, д.т.н., І.В. Марчук, к.т.н., Ю.А. Лук’янчук, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ РОЛІКІВ В ПРОЦЕСІ ПЕРЕРИВЧАСТОГО БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ

*У статті розглядаються питання забезпечення мікрогеометричних параметрів якості шліфованих поверхонь обертання в умовах переналагоджувального підшипникового виробництва.*

**Ключові слова:** Безцентрове шліфування, шорсткість, поверхня обертання роликотідшипник.

*В статье рассматриваются вопросы обеспечения микрогеометрических параметров качества шлифованных поверхностей вращения в условиях переналаживаемого подшипникового производства.*

**Ключевые слова:** Безцентровое шлифование, шероховатость, поверхность вращения, роликотодшипник.

*The article deals with the issue of quality parameters mikrogeometry polished surfaces of revolution in terms bearing production.*

**Keywords:** centreless grinding, surface roughness, surface roller rotation.

Якість поверхневого шару роликів роликотідшипників формується на фінішних операціях оброблення, де використовується 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.

Вплив умов шліфування на шорсткість доволі повно вивчено і описано у вітчизняній і закордонній літературі [1, 2, 3, 4]. Але в літературі немає відомостей по формуванню шорсткості поверхні під час переривчастого шліфування в широкому діапазоні режимів. Оскільки цей показник є одним з основних, виникає необхідність в розробці методики вибору геометричних параметрів переривчастих кругів і режимів різання, що забезпечують необхідну шорсткість поверхонь деталей під час переривчастого шліфування.

Шорсткість поверхні оброблюваного ролика досліджувалась при різних можливих поєднаннях режимів шліфування ( $v_b$ ,  $t$ ,  $S$ ) з використанням математичного планування експерименту. На основі отриманих даних були побудовані поверхні відгуку для визначення шорсткості поверхні, яка шліфувалась переривчастими кругами для різних можливих поєднань режимів шліфування при фіксованому значенні числа ріжучих виступів переривчастого круга і часу шліфування. Співставлення поверхонь відгуку шорсткості поверхні під час шліфування суцільним і переривчастим кругами показало, що зі збільшенням режимів ( $v_b$ ,  $t$ ,  $S$ ) спостерігається загальна тенденція до зростання шорсткості, особливо при режимах шліфування, близьких, або рівних