

Марчук В.І., Лук'янчук Ю.А.
Луцький національний технічний університет

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ КОЧЕННЯ КОНІЧНИХ РОЛИКІВ НА ОПЕРАЦІЯХ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАННЯ

Розглядаються технологічні особливості забезпечення параметрів якості поверхонь кочення на операціях шліфування завдяки використанню прогресивного, переривчастого, шліфувального інструмента (кругів) на операціях чорнового та викінчувального шліфування роликів після їх термічного оброблення, внаслідок чого покращились умови тепло- та стружковідведення від зони різання, що, в свою чергу, дозволило підвищити точність і якість шліфованих поверхонь, знизити температуру різання та збільшити технологічну продуктивність шліфувальних операцій.

Ключові слова: конічні ролики, переривчастий шліфувальний інструмент, температура в зоні різання, шорсткість поверхні.

Постановка проблеми. У практиці світового машинобудування відбувається постійне підвищення вимог до якості та конкурентоспроможності виробів.

Оскільки, надійність та довговічність машин і механізмів багато в чому визначається надійністю опор кочення, то проблема підвищення експлуатаційних характеристик підшипників кочення, які вирішальним чином залежать від точності геометричної форми і якості робочих поверхонь їх деталей є актуальною і надзвичайно важливою.

Аналіз останніх досліджень. Мікро- та макрогеометричні параметри робочих поверхонь роликів підшипників формуються на шліфувальних операціях, число яких складає: три операції до термічного оброблення і сім операцій після загартування. 80% з загального числа шліфувальних операцій оброблення роликів займають безцентрово-шліфувальні операції попереднього та викінчувального шліфування поверхонь обертання. Від рівня вдосконалення цих операцій у великій мірі залежить якість виробів та ефективність підшипникового виробництва [1].

В технологічному циклі виготовлення підшипників провідне місце займають шліфувальні операції оброблення поверхонь кілець та роликів. Якщо процеси виготовлення кілець складаються з операцій лезового та абразивного оброблення, то технологічний процес виготовлення роликів (рис.1) складається з заготівельних операцій та операцій чорнового і чистового шліфування, які виконуються до та після термічного оброблення.

Важливою проблемою, що має місце під час безцентрового шліфування поверхонь обертання роликів з підшипникової сталі ШХ15 є забезпечення мікрогеометричних та фізико-механічних параметрів якості шліфованих поверхонь. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах часто переналагоджувального підшипникового виробництва. Традиційні підходи до виконання безцентрово-шліфувальних операцій в багатьох випадках не забезпечують потрібних показників якості шліфованих поверхонь та ефективності технологічних операцій. Безцентрове шліфування суцільними абразивними кругами супроводжується виникненням температурних дефектів (припалювань) на шліфованих поверхнях, невідповідності параметрів шорсткості та хвилястості поверхонь обертання внаслідок погіршених умов стружко- та тепловідведення в зоні шліфування [2].

Мета роботи. Різноманітні деформаційні і термічні процеси, які характерні для процесу шліфування, вимагають створення відповідних механічних і теплофізичних моделей і оптимізацію конструкцій існуючого інструменту або діючого устаткування. Це є обов'язковою умовою досягнення вищої ефективності процесу шліфування, що і є метою даної роботи.

Основна частина. В області абразивного оброблення створення й удосконалення інструменту є одним з напрямків розширення технологічних можливостей процесу шліфування. Це вимагає призначення таких режимних параметрів, при яких якість оброблюваної поверхні відповідатиме технічним умовам і при цьому буде забезпечуватись висока продуктивність процесу при мінімальній її собівартості. У цьому зв'язку, для круглого шліфування є актуальною задача розроблення інструмента з переривчастою ріжучою поверхнею для оброблення поверхонь обертання.

Розробив				КАРТА ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСУ										10100.00152			
Перевірив														Аркуш: 1			
Погодив				Ролик конічний										RT-32022 X/IIIDB225/VU1006			
Н.контр.																	
Затвердив																	
Операція	Назва №	Подача металу	Штанування	Гальмування	Безцентрово-шліфувальна чорнова	Безцентрово-шліфувальна кінець	Торце-шліфувальна	Терична обробка	Безцентрово-шліфувальна чорнова	Безцентрово-шліфувальна попередня	Сферо-шліфувальна чорнова	Безцентрово-шліфувальна чистова	Сферо-шліфувальна кінець	Безцентрово-шліфувальна чистова	Суперфініш	Сортування	Відправка складу
		095	120	160	165	170	190	215	225	235	240	245	255	265	300		
Обладнання		A3723A	HO-103	SASL 200x500	SASL 200x500	3343 АДО	СІЗА6.40 1/3-Б1	SASL K2	SWAKM 25/1A	SXK 5A	SWAKM 25/1A	SXK 5A	SWAKM 25/1A	SZK 2			
Код підрозділу	1500										1220		1500				
Класи характеристик	SC			SC	SC	SC	SC ; CC	SC	SC	SC	SC	SC ; CC	SC ; CC	SC	SC ; CC		
Блок -схема перебігу процесу																	
Схема обробки																	
Умовні позначення	<p>○ - операція □ - контроль оператором L - контроль в лабораторії S - сортування → - транспортні зв'язки в автоматичній лінії ⇨ - транспортування ▷ - зберігання</p>																

Рис. 1. Технологічний процес виготовлення роликів

Як показали дослідження Якімова А.В., Сипайлова В.А. для сталей 45, У8А, Х12М та ін. час теплового насичення, при якому температура, досягнувши максимуму, не піддається подальшій зміні, складає за результатами досліджень приблизно $T_{нас} \approx 0,01 - 0,02$ с. Це такий проміжок часу, протягом якого температура зростає до максимального значення, порівняємо з періодом обертання шліфувального круга. Якщо на крузі нарізати певне число канавок визначеної протяжності, то час роботи одного ріжучого виступу, буде меншим, ніж час теплового насичення. За цих умов шліфування температура в зоні контакту через переривчастість процесу різання знижується до 30%. Наприклад, якщо період теплового насичення дорівнює періоду обертання круга, то процес шліфування здійснюється з максимальною тепловою напруженістю. Нанесення, наприклад, двадцяти канавок на робочу поверхню круга призводить до пропорційного зменшення цьому числу часу роботи одного ріжучого виступу [3]. Температура за цей період, не досягнувши максимальної величини в інтервалі проходження канавки, знижується.

Встановлено [4, 5], якщо час роботи одного ріжучого виступу є меншим від часу теплового насичення, то незалежно від схеми шліфування й оброблюваного матеріалу переривчастість процесу у всіх випадках забезпечує зменшення температури в зоні контакту.

Однаковий ступінь зниження температури може бути отриманий при різних поєднаннях довжин ріжучих виступів і впадин. Це дозволяє здійснювати вибір геометричних параметрів кругів з переривчастою поверхнею для круглого шліфування не лише з врахуванням теплонапруженості процесу, але й їх зносостійкості.

Температура в зоні контакту шліфувального круга з оброблюваною поверхнею суттєво залежить від швидкості деталі, ширини ріжучого виступу та співвідношення ширини впадини і виступу та повинно бути не більше 0,5 [4]. Для чорнових режимів шліфування рекомендується вибирати круги з мінімальним відношенням l_1 / l_2 . Вони забезпечують рівномірне самозаточування і максимальне зниження температури. Для чистового шліфування доцільно вибирати круги з мінімальним відношенням. Кромкостійкість таких кругів не поступається суцільним.

Тому, остаточний вибір геометричних параметрів кругів з переривчастою поверхнею повинен уточнюватися з температурою і вимогами до якості обробленої поверхні.

Ефективність процесу шліфування багато в чому визначається правильністю вибору характеристики інструменту, а це залежить від технологічних вимог, які висуваються до оброблюваних деталей і умов експлуатації інструменту. Тому вибір характеристик інструменту, режимів і параметрів оброблення проводиться з урахуванням факторів, що впливають на якість та продуктивність процесу шліфування.

Для вдосконалення процесу обробки кілець роликотідишпників проводять оброблення на токарних верстатах з більшим числом обертів, при цьому кількість шліфувальних операцій зменшується, залишаються лише викінчувальні.

Для вдосконалення процесу обробки роликів неможливо проводити подібні операції, тому модернізація технологічного процесу виготовлення конічних роликів підшипників є актуальною задачею. За основу було взято безцентрово шліфувальний верстат SWAKM 25/1A (рис.2), робочу зону якого представлено на рис.3.

Застосування переривчастих шліфувальних кругів в технологічному циклі оброблення роликів підшипників є високопродуктивним методом оброблення. Це пояснюється тим, що такі шліфувальні круги можуть працювати при підвищених швидкостях, що дає змогу зменшити силу

різання яка припадає на одиничне зерно абразиву та підвищити зносостійкість такого шліфувального круга, зменшити теплонапруженість процесу різання та уникнути появи припалювань поверхонь, що обробляються, забезпечити задані параметри мікрогеометрії, значно зменшити використання змащувально-охолоджуючої рідини.



Рис. 2. Безцентрово-шліфувальний верстат SWaAKM25/1A для оброблення конічних роликів.



Рис. 3. Робоча зона безцентрово-шліфувального верстату SWaAKM25/1A.

Температуру в зоні шліфування можна знизити, якщо шліфування проводити з певними розривами, причому тривалість різання між цими розривами зробити менше часу теплового насичення металу і за час розриву частково охолодити поверхню. Такий процес можна здійснити кругами які мають на робочій поверхні ряд виступів, що чергуються і впадин певної довжини.

Переривчасті шліфувальні круги характеризуються рядом геометричних та конструктивних параметрів, від величини значень яких буде залежати теплонапруженість процесу різання. До основних геометричних параметрів переривчастого круга можна віднести: кількість пазів, довжина ріжучого виступу та впадини. Конструктивні параметри визначаються формою впадин між ріжучими частинами, наявністю демпфуючих елементів та ін.

Було проведено розрахунок переривчастого шліфувального круга для шліфування поверхні кочення ролика підшипника при режимах: $v_{кр} = 35\text{м/с}$, $t=0,02\text{ мм}$, $a=0,0625\text{ см}^2/\text{с}$. Оброблювана деталь: ролик роликопідшипника, матеріал – сталь ШХ15.

Абразивний інструмент: шліфувальний круг 14А8ПСМ7В (500-305-305)

Розміри пазів l_1 та l_2 шліфувального круга підбрано в залежності від необхідного рівня зниження температури в зоні контакту. Як показала практика використання переривчастих шліфувальних кругів на заводах, довжина ріжучого виступу повинна бути більшою за довжину впадини. Рекомендоване значення відношення $v=l_2/l_1=(0,6\dots 1)$. Крім цього рекомендується вибирати парне число пазів.

Перш за все необхідно визначити відносну напівширину H джерела. Для цього необхідно знати розмірну напівширину h зони контакту яка для ролика довжиною $l=27\text{мм}$ становить $13,5\text{ мм}$.

Тоді:

$$H = \frac{v_{кр} h}{2a} = \frac{35 \cdot 0,135}{2 \cdot 0,0625} = \frac{4,725}{0,125} = 37,8\text{мм} \quad (1)$$

По графіку знаходимо значення комплексу $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}$, яке відповідає $H=37,8$ і 30% зниженню максимальної температури. Як видно з графіка (рис.4) $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}} = 2,7$.

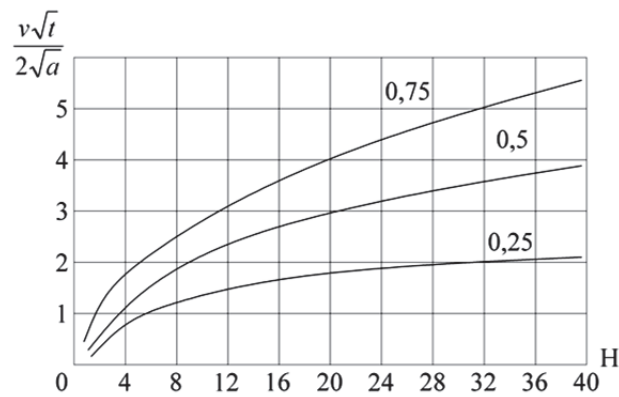


Рис.4. Графік залежності комплексу $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}$ від напівширини теплового джерела H

З умови: $\frac{v^2 t}{4a} = 7,3$ знаходимо час, для досягнення вказаної температури

$$t = \frac{14,44 \cdot 4 \cdot a}{v^2} = \frac{7,3 \cdot 4 \cdot 0,0625}{4489} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ c} \quad (2)$$

Знаходимо відповідну довжину ріжучого виступу та впадини:

$$l_1 = v_{кр} \cdot t = 45000 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3} = 186 \text{ мм} \quad (3)$$

$$l_2 = \nu l_1 = 0,067 \cdot 186 = 10 \text{ мм} \quad (4)$$

Розрахунок числа пазів проводимо за наступною залежністю:

$$n = \frac{\pi D_{кр}}{l_1 + l_2} = \frac{3,14 \cdot 500}{186 + 10} = 8 \quad (5)$$

Визначаємо час циклу нагрів-охолодження:

$$t_{H-O} = \frac{l_1 + l_2}{v_{кр}} = \frac{(186 + 10) \cdot 10^{-3}}{35} = 0,0056 \text{ c} \quad (6)$$

Визначаємо час контакту (нагріву):

$$t_H = \frac{l_2}{v_{кр}} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{35} = 0,00028 \text{ c} \quad (7)$$

Визначаємо кут нахилу канавок шліфувального круга:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(l_1 + l_2) \cdot z}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{(186 + 10) \cdot 8}{3,14 \cdot 500} \approx 1 \quad \beta = 45^\circ \quad (8)$$

Шліфувальні круги з переривчастою ріжучою поверхнею можна розділити на переривчасті, композиційні та комбіновані. Робоча поверхня переривчастих шліфувальних кругів, розроблених в роботі [5], виконана у вигляді ріжучих виступів і впадин, що чергуються. У композиційних шліфувальних кругах впадини на робочій поверхні круга заповнені твердим мастилом. Комбіновані шліфувальні круги, являють собою поєднання переривчастих і композиційних кругів. У змашувально-охолоджуючих елементах (ЗОЕ) цих кругів перед ріжучими виступами виконані

впадини. Змашувально-охолоджуючі елементи композиційних і комбінованих кругів найчастіше виготовляються з графіту марок ГЛ-І, ГЛ-Н або суміші графіту і дисульфиду молібдену (MoS_2). В якості зв'язки в обох випадках використовуються фенол формальдегідні смоли. Дослідженнями встановлено, що найбільшу міцність (5,5-6МПа) мають ЗОЕ, що складаються з 75% графіту і 25% зв'язуючого матеріалу або 70% графіту, 10% MoS_2 і 20% зв'язки та отримані пресуванням при тиску 150 МПа.

Шліфувальні круги з переривчастою ріжучою поверхнею діляться на суцільні - з нероз'ємними з'єднаннями його частин і збірні - з роз'ємними з'єднаннями.

Наявність вирізів на шліфувальному крузі, утворених під кутом β до осі його обертання сприяють подачі в зону різання потоку повітря під підвищеним тиском. Потужний струмінь повітря видуває стружку із зони різання, пришвидшує процес її окислення та згорання. Окислена стружка стає ламкою, набуває округлену форму, не налипає на поверхню зерен і не проникає в пори круга. Переривчасті шліфувальні круги з похилими ріжучими виступами забезпечують прокачування ЗОР і повітря через прорізи, що дозволяє зменшити теплонапруженість процесу різання. Шліфувальні переривчасті круги можливо виготовляти і з прямими ріжучими виступами в такому випадку для видалення стружки через шпindel верстата в зону різання подається ЗОР під тиском, яка під дією відцентрової сили разом зі стружкою потрапляє в очисні резервуари.

Для дослідження в безцентрово шліфувальному верстаті SWaAKM25/1A було замінено абразивний інструмент на переривчастий шліфувальний круг, в якому прорізано 8 канавок під кутом 45° на спеціальному обладнанні, ведучий барабан виконано у вигляді шнека, та обраховано оптимальний кут нахилу опорного ножа, який становить $27 \pm 1^\circ$. (рис.5).

Для дослідження й аналізу геометричної структури поверхонь, а також для визначення параметрів мікрорельєфу формоутворених поверхонь використовувалось сучасне метрологічне устаткування – MEF100C для знаходження профілю доріжки кочення та торця ролика, Surtronic для вимірювання шорсткості доріжки кочення та торця ролика, MWA100C (рис.6) для вимірювання мікрогеометрії доріжки кочення та торця ролика. Температурні показники досліджувались за допомогою використання датчиків температури (термопари типу ХА) та знімались самописцем Н115.

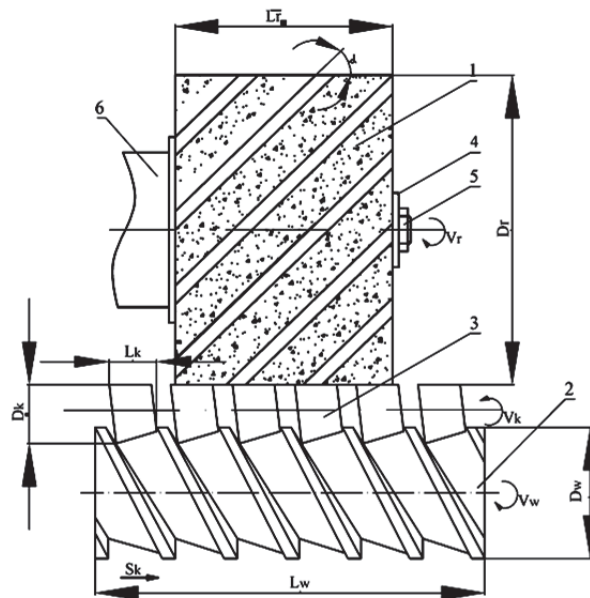


Рис. 5. Схема оброблення поверхні переривчастим кругом

1-шліфувальний круг з похилими канавками; 2- ведучий круг; 3 – ролики, що оброблюються; 4,5,6- елементи шпинделя верстата; S_k – подача; D_k – діаметр ролика; D_r - діаметр шліфувального круга, D_w – діаметр ведучого круга

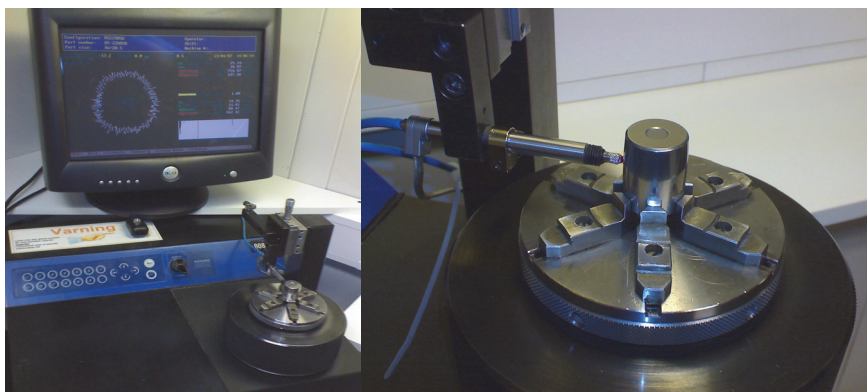


Рис. 6. Прилад MWA100C для вимірювання мікрогеометрії доріжки кочення та торця ролика

Висновки. Використання переривчастих кругів в процесі шліфування, у порівнянні із використанням суцільного круга, дає змогу покращити шорсткість поверхні $Ra = 0,64-0,8$ мкм, збільшити кромкостійкість шліфувальних кругів у 3–4 рази та знизити температуру в зоні оброблення на 30% в залежності від числа ріжучих виступів.

Причинами виникнення температурних дефектів, таких як зниження мікротвердості та утворення мікротріщин на шліфованих поверхнях під час безцентрового абразивного оброблення, є високі температури в зоні різання ($1000^{\circ}-1200^{\circ}\text{C}$). За рахунок впровадження в технологічний процес виготовлення конічних роликів переривчастого шліфування, температура в зоні різання зменшилась на 30% і становить $700-900^{\circ}\text{C}$.

Для забезпечення шорсткості поверхні $Ra = 0,64-0,8$ мкм та кроку нерівностей $1-1,2$ мкм рекомендується використання переривчастих, шліфувальних кругів з числом канавок $z=8$ і їх шириною $7-10$ мм та зернистістю круга 14, оброблення проходило на режимах $v_b=67$ м/хв, $S=20$ мм/хід, $t=0,04$ мм. Температура шліфування переривчастим кругом не перевищує температури фазових перетворень, стійкість круга збільшилась в два рази, а число правок на зміну зменшилось з 4 до 1.

Дослідження показали, що під час переривчастого шліфування стабілізується значення мікротвердості, що знаходилась в межах $Hv = 60\text{H}/\text{мм}^2$. Глибина зміненої структури не перевищувала 20 мкм.

Впровадження високопродуктивного бездефектного переривчастого шліфування дало змогу поєднати чорнову і попередню операції в одну напівчистому операцію і тим самим скоротити енерговитрати на 20–25%, зменшити собівартість операцій шліфування на 35%.

1. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Э.В. Рыжов, А.Г. Суслов, В.П. Федоров. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.

2. Марчук В.І. Вплив параметра хвилястості доріжки кочення на віброакустичні характеристики конічних роликопідшипників / В.І. Марчук, В.Ю. Заблоцький, О.Л. Кайдик // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Випуск 13. – С. 112–116.

3. Якимов О.В. Високопродуктивне шліфування / О.В. Якимов, Ф.В. Новиков. – К.: ІНТМ, 1995. – 180с.

4. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / В.А. Сипайлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 167с.

5. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.

REFERENCES

1. Ryzhov E.V., Suslov A.G., Fedorov V.P. *Tekhnologicheskoe obespechenie ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin* [Technological support of operational properties of machine parts]. Moskva, Mashinostroenie, 1979. 176 p.

2. Marchuk V.I., Zablotskiy V.Yu., Kaidyk O.L. Vplyv parametra khvyliystosti dorizhky kochennia na vibroakustychni kharakterystyky konichnykh rolykopidshypnykiv [The impact of waviness parameter of track on vibroacoustic characteristics of conical roller bearings]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*. Kirovohrad, KDTU Publ., 2003. Vol. 13, pp. 112-116.

3. Yakymov O.V., Novykov F.V. *Vysokoproduktyvne shlifuvannia* [High-performance grinding]. Kyiv: INTM Publ., 1995. 180p.

4. Sipaylov V.A. *Teplovy protsessy pri shlifovanii i upravlenie kachestvom poverkhnosti* [Thermal processes during grinding and surface quality management]. Moscow, Mashinostroenie. 1978. 167p.

5. Yakimov A.V. *Abrazivno-almaznaya obrabotka fasonnykh poverkhnostey* [Abrasive diamond processing of shaped surfaces]. Moscow, Mashinostroenie. 1984. 312p.

Марчук В.І., Лук'янчук Ю.А. Обеспечение качества поверхностей качения конических роликов на операциях прерывистого шлифования.

Рассматриваются технологические особенности обеспечения параметров качества поверхностей качения на операциях шлифования благодаря использованию прогрессивного, прерывистого, шлифовального инструмента (кругов) на операциях черного и чистового шлифования роликов после их термической обработки, в результате чего улучшились условия тепло-и стружковидведения от зоны резания, что в свою очередь, позволило повысить точность и качество шлифованных поверхностей, снизить температуру резания и увеличить технологическую производительность шлифовальных операций.

Ключевые слова: конические ролики, прерывистый шлифовальный инструмент, температура в зоне резания, шероховатость поверхности.

V. Marchuk, Y. Lukyanchuk. Providing quality tapered roller bearing surfaces for intermittent grinding operations.

In the practice of engineering world is a constant increasing demands for quality and competitiveness of products. Since the reliability and durability of machines and mechanisms is largely determined by the reliability of rolling resistance, the problem of improving the performance of bearings which are critically dependent on the geometrical shape and quality of the working surfaces of parts is urgent and critical. Consider technological features ensure the quality parameters of rolling surfaces for grinding operations through the use of progressive, intermittent, grinding tool (circles) in operations and rough grinding rollers after thermal treatment, resulting in improved conditions of heat from the cutting area, which, in its turn, has allowed to increase the accuracy and quality of polished surfaces, reduce the temperature of cutting and increase technological efficiency grinding operations. Using intermittent grinding wheels in the process, compared with the use of a continuous circle, makes it possible to improve the surface roughness of $Ra = 0,64-0,8 \text{ m}$, lower the temperature in the area of treatment to 30% depending on the number of cutting performances. Temperature causes of defects, such as reduced microhardness and the formation of cracks on the ground surface during centreless abrasive treatment is high temperature in the cutting zone ($1000^{\circ}-1200^{\circ}\text{C}$). Due to the introduction of technological process of manufacturing tapered roller intermittent grinding, the temperature in the cutting zone decreased by 30% and amounted to $700-900^{\circ}\text{C}$. Implementation of defect-free highly intermittent grinding allowed to combine and draft preliminary operations in one napivchystomu operation and thereby reduce energy consumption by 20-25%, reduce the cost of grinding operations by 35%.

Keywords: conical rollers intermittent grinding tool, the temperature in the cutting zone, the surface roughness.

АВТОРИ:

МАРЧУК Віктор Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри Приладобудування, Луцький національний технічний університет;

ЛУК'ЯНЧУК Юрій Анатолійович, к.т.н., ст. викладач кафедри Приладобудування, Луцький національний технічний університет; e-mail: Lukas2287@yandex.ru

AUTHORS:

Viktor MARCHUK, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Instrument Making Department, Lutsk National Technical University;

Yurii LUKYANCHUK, PhD., Senior Lecturer of Instrument Making Department, Lutsk National Technical University; e-mail: Lukas2287@yandex.ru

РЕЦЕНЗЕНТ

ШВАБЮК В. І., д.т.н., професор кафедри технічної механіки, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТ

ШВАБЮК В. ІІ., д.т.н., професор кафедры технической механики, Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина.

REVIEWER:

V. SHVABIUK, Doctor of Science in Technology, Professor of Department of Technical Mechanics, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 02.09.2014р.