

## СКОРОСТЬ СЪЕМА ПРИПУСКА ПРИ ШЛИФОВАНИИ СФЕРИЧЕСКОГО ТОРЦА КОНИЧЕСКОГО РОЛИКА ПОДШИПНИКА НА СТАНКЕ SХК-5А

Носенко В.А.<sup>1</sup>, Зуев А.В.<sup>1</sup>, Морозов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, Россия (404121, г. Волжский Волгоградской обл., ул. Энгельса, 42а), [nosenko@volpi.ru](mailto:nosenko@volpi.ru)

<sup>2</sup>ОАО «ЕПК Волжский», Волжский, Россия (404112, г. Волжский Волгоградской обл., ул. Пушкина, 45), [morozov@vpz.ru](mailto:morozov@vpz.ru)

Получена математическая модель величины припуска, снимаемого при шлифовании сферического торца конического ролика подшипника, учитывающая смещение оси вращения роликов в направляющем приспособлении, после правки шлифовального круга, на станке SХК-5А. В результате дифференцирования формулы припуска по времени определена скорость съема припуска за период шлифования. С использованием полученных формул на примере двух роликов 7305А.04 и У-1027313А.04 показаны закономерности изменения припуска и его дифференциала по времени за период обработки. Определены основные факторы, влияющие на величину припуска и скорость её изменения при шлифовании сферы ролика. Закономерность изменения величины радиального съема материала и скорости её изменения за период шлифования определена исходя только из геометрических размеров зоны шлифования без учета характеристики инструмента и размеров обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: ролик подшипника, шлифование сферы, припуск, скорость изменения, математические модели.

## THE REMOVAL RATE ALLOWANCE FOR GRINDING SPHERICAL BASE END OF A TAPERED ROLLER BEARING ON THE SХК-5А GRINDER

Nosenko V.A.<sup>1</sup>, Zuev A.V.<sup>1</sup>, Morozov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volzhsy Polytechnical Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia (404121, Volzhsky Volgograd region, street Engels, 42a), [nosenko@volpi.ru](mailto:nosenko@volpi.ru)

<sup>2</sup>OJSC «EPK Volzhsky», Volzhsky, Russia (404112, Volzhsky Volgograd region, street Pushkin, 45), [morozov@vpz.ru](mailto:morozov@vpz.ru)

Mathematical models removal allowances from the surface of the base end of a tapered roller bearing, taking into account the offset of the rotation axis of the rollers in the guide fixture, after the grinding wheel's whet on the SХК-5А, were obtained. After time differentiation of the formula of the allowance the removal rate allowance for the period of grinding, was determined. With use of the obtained formulas, on the example of two tapered rollers 7305А.04 and У-1027313А.04 regularities of changes in the allowance and time differential for the period of grinding were shown. The main factors affecting on the allowance and the rate of its change for the period of tapered roller bearing sphere grinding were determined. The pattern of change in the radial material removal rate and its rate of change over the period of grinding, based only on the geometric dimensions of the grinding zone without taking into account the characteristics of the instrument and the size of the treated surface, were determined.

Keywords: roller bearing, sphere grinding, the allowance, changes of the rate, mathematical models.

Повышение производительности и увеличении сроков службы машин и механизмов требует постоянного улучшения конструкции и технологии производства подшипников качения, повышения их грузоподъемности и долговечности. В машино- и автомобилестроении широко применяются конические роликовые подшипники, обеспечивающие надежную работу вращающихся узлов при радиальных и осевых нагрузках. Долговечность подшипника в значительной степени определяется качеством изготовления тел качения – роликов. В условиях производства наиболее распространенным методом

обработки сферических торцов конических роликов является бесцентровое шлифование периферией круга с непрерывной подачей.

Для образования сферической поверхности ролика на ОАО «ЕПК Волжский» используется, в частности, специальный шлифовальный автомат мод. SХК-5А. Станок обрабатывает ролики с наружным диаметром 6–25 мм и углом конической поверхности 2–8° [6].

Согласно классификации [9], схема базирования относится к способу, когда ролик устанавливается образующей поверхностью по направляющей базе, реализуемой путем контакта ролика с торцовыми поверхностями жестких опорных дисков. Диски установлены соосно и вращаются в противоположные стороны с разной угловой скоростью, обеспечивая вращение заготовки вокруг своей оси и оси круговой подачи. В процессе качения по дискам заготовка вступает в контакт с боковой поверхностью паза направляющего приспособления деталей, соосно установленного с дисками. Скорость подачи базовой поверхности ролика определена в работе [2].

В работах [1; 3; 5; 8] выполнен анализ существующих способов шлифования. Для разработки математической модели формообразования сферы исследована кинематика движения абразивного зерна. С целью обеспечения стабильного параметра «длина ролика» исследовано влияние различных погрешностей, возникающих в процессе шлифования. Приведены результаты испытаний, полученных при шлифовании различными кругами поверхности сферы ролика.

Абразивный инструмент на операции сферошлифования состоит из трех кругов различных характеристик и высоты. Это позволяет в одном проходе ролика через зону обработки соединить черновое, получистовое и чистовое шлифование. Известно, что производительность процесса и качество обработанной поверхности во многом зависят от интенсивности съема припуска. В частности, это убедительно показано на операции глубинного шлифования [4; 7].

На станке SХК-5А удаление заданного припуска обеспечивается в результате смещения центра вращения прижимных дисков и направляющего приспособления с роликами относительно центра правки шлифовального круга.

**Цель данной работы** заключалась в создании математической модели скорости съема припуска за период движения ролика конического подшипника в зоне шлифования на станке SХК-5А.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

определена закономерность изменения величины радиального съема материала и скорости её изменения за период шлифования;

исследовано влияние высоты шлифовального круга и радиуса сферической поверхности ролика на съём припуска и скорость его изменения за время шлифования.

Закономерность изменения величины припуска определена исходя из геометрических размеров зоны шлифования без учета характеристики инструмента и размеров обрабатываемой поверхности.

Согласно кинематической схеме станка (рис. 1) для обеспечения снятия припуска ось окружной подачи ролика (ось направляющего приспособления деталей) необходимо смещать на величину [10]:

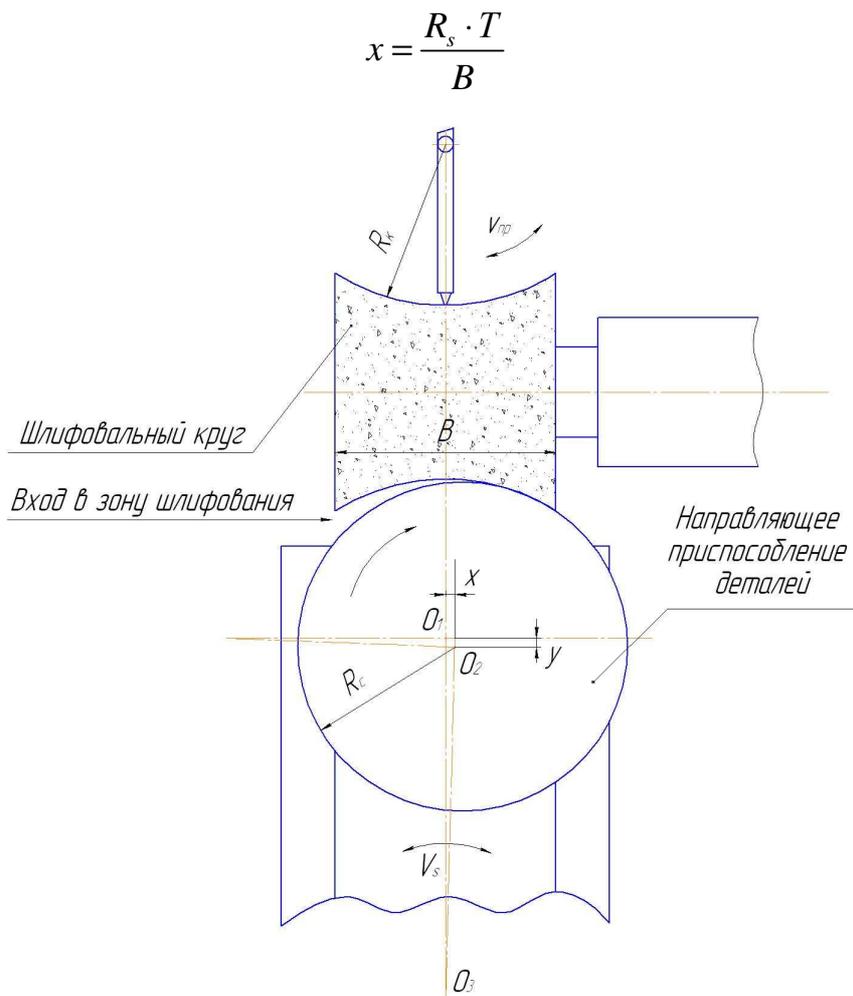


Рис. 1. Схема шлифования и правки на станке SХК-5А:

$v_{пр}$  – возвратно-поступательная скорость подачи правящего инструмента;  $v_s$  – скорость подачи ролика;  $R_c$  – радиус направляющего приспособления деталей.

где  $R_s$  – радиус сферического торца ролика;  $B$  – высота шлифовального круга;  $T$  – величина снимаемого припуска. Для определения радиуса правки шлифовального круга там же рекомендована следующая формула:

$$R_k = \frac{R_s \cdot B^2}{B^2 - 2 \cdot R_s \cdot T}$$



$$AK = \sqrt{\left(\frac{B}{2} + x\right)^2 + \left(R_k^2 - \frac{B}{2}\right)^2} - KO_2 \quad (2)$$

В произвольной точке  $A_i$  величина снимаемого припуска  $T_i$  будет равна:

$$T_i = AK - A_iK_i, \quad (3)$$

где  $A_iK_i$  – расстояние от вершины ролика до опорного диска при некотором угле поворота ролика в зоне шлифования  $\gamma_i$ .

После преобразований получаем формулу для нахождения  $A_iK_i$ :

$$A_iK_i = \sqrt{\left(R_k \cdot \sin \frac{\alpha - \gamma_i}{2} + x \cdot \cos \frac{\gamma_i}{2}\right)^2 + \left(R_k \cdot \cos \frac{\alpha - \gamma_i}{2} - x \cdot \sin \frac{\gamma_i}{2}\right)^2} - K_iO_2, \quad (4)$$

где  $K_iO_2 = KO_2$ .

Подставив (2) и (4) в (3), получаем величину снимаемого припуска  $T_i$ :

$$T_i = \sqrt{\left(\frac{B}{2} + x\right)^2 + \left(R_k^2 - \frac{B}{2}\right)^2} - \sqrt{\left(R_k \cdot \sin \frac{\alpha - \gamma_i}{2} + x \cdot \cos \frac{\gamma_i}{2}\right)^2 + \left(R_k \cdot \cos \frac{\alpha - \gamma_i}{2} - x \cdot \sin \frac{\gamma_i}{2}\right)^2}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  – центральный угол, зависящий от высоты шлифовального круга  $B$ .

Для определения скорости изменения величины припуска углы ( $\alpha$ ) и ( $\gamma$ ) представим в виде переменных от времени шлифования ( $\tau$ ):

$$\alpha = \tau_{\text{п}} \omega = \tau_{\text{п}} 360n / 60 = 6n\tau_{\text{п}} \quad \text{и} \quad \gamma = \tau \omega = \tau 360n / 60 = 6n\tau,$$

где  $n$  – число оборотов направляющего приспособления деталей;  $\tau_{\text{п}}$  – полное время шлифования одного ролика;  $\tau$  – время прохождения ролика при повороте на угол  $\gamma_i$ ,  $0 \leq \tau \leq \tau_{\text{п}}$ .

После подстановки  $\tau_{\text{п}}$  и  $\tau$  в (5), получим:

$$T_i = \sqrt{\left(\frac{B}{2} + x\right)^2 + \left(R_k^2 - \frac{B}{2}\right)^2} - \sqrt{\left(R_k \cdot \sin \frac{6n\tau_{\text{п}} - 6n\tau}{2} + x \cdot \cos \frac{6 \cdot n \cdot \tau}{2}\right)^2 + \left(R_k \cdot \cos \left(\frac{6n\tau_{\text{п}} - 6n\tau}{2}\right) - x \cdot \sin \frac{6n\tau}{2}\right)^2}. \quad (6)$$

Для определения скорости изменения припуска найдем производную от  $T$  по времени  $\tau$ :

$$Q = \frac{\delta T_i}{\delta \tau} = \frac{6nR_k x \cos(3n(\tau_{\text{п}} - 2\tau))}{\sqrt{R_k^2 \sin^2(3n(\tau_{\text{п}} - \tau)) + x^2 \cos^2(3n\tau) + (R_k \cos(3n(\tau_{\text{п}} - \tau)) - x \sin(3n\tau))^2}}. \quad (7)$$

По формулам (6) и (7) для роликов 7305А.04 и У-1027313А.04 рассчитаны значения  $T$  и  $Q$  за период шлифования на станке SХК-5А и построены графики зависимостей от угла  $\alpha$  (рис. 3а) и от времени  $\tau$  (рис. 3б).

Исходные данные для расчета: высота шлифовального круга ( $B$ ) – 140 мм; частота вращения направляющего приспособления деталей ( $n$ ) – 2 об/мин; радиус сферы ролика ( $R_s$ ) – 128<sub>-10</sub> мм (для ролика У-1027313А.04); 143<sub>-10</sub> мм (для ролика 7305А.04).

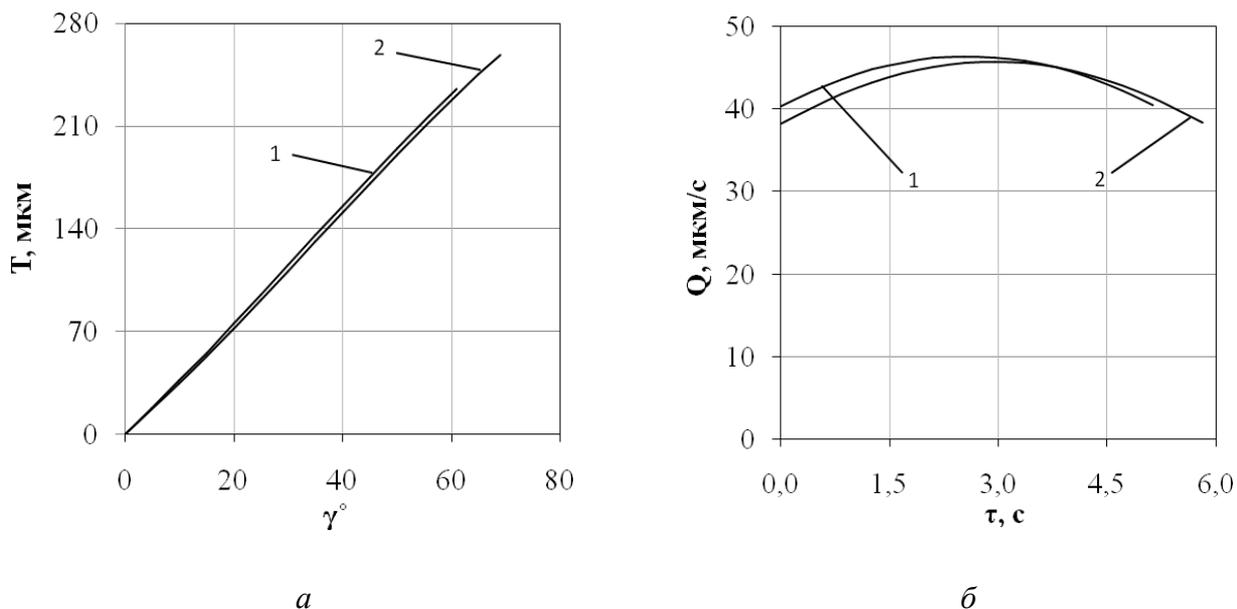


Рис. 3. Изменение величины удаляемого припуска  $T$  от угла  $\gamma$  (а) и скорости удаления припуска  $Q$  от времени шлифования  $\tau$  (б); 1 - ролик 7305А.04; 2 - ролик У-1027313А.04.

Время обработки зависит от высоты шлифовального круга радиуса сферы ролика, с увеличением которых при прочих равных факторах время обработки возрастает. Для ролика 7305А.04 время шлифования 5,13 с; для ролика У-1027313А.04 – 5,81 с.

### Выводы

Разработаны математические модели величины припуска и скорости её изменения за время прохождения роликом зоны шлифования, учитывающие смещение оси вращения роликов в направляющем приспособлении после правки шлифовального круга.

В результате дифференцирования математической модели припуска по времени установлено, что до середины пути ролика в зоне шлифования скорость съема припуска возрастает (на 15% у ролика 7305А.04, на 13% у ролика У-1027313А.04), затем снижается почти до исходных значений.

Для рассмотренных примеров шлифования сферы величина снимаемого припуска изменяется почти пропорционально углу поворота ролика в зоне обработки.

### Список литературы

1. Михайлова Л.Н. Повышение точности шлифования сферических торцов роликов подшипников : автореф. дис. ... к.т.н. – Самара : Самарский гос. техн. ун-т, 1994. - 23 с.
2. Носенко В.А. Скорость подачи ролика подшипника при шлифовании сферы на станке SХК-5А / В.А. Носенко, А.А Копецкий, А.В. Зуев, Е.В. Рыженко // Проблемы современной науки : сб. науч. тр. Вып. 6 / Центр научного знания «Логос». - Ставрополь, 2012. - С. 152-159.

3. Носенко В.А. Погрешность длины ролика после операции сферошлифования на станке SХК-5А / В.А. Носенко, А.В. Зуев, А.В. Морозов, Е.В. Рыженко, А.А. Вяткин // Актуальные вопросы современной техники и технологии. - Липецк : Издательский центр «Гравис», 2012. - С. 69-74.
4. Носенко В.А. Попутное и встречное глубинное шлифование титанового сплава с непрерывной правкой круга / В.А. Носенко, С.В. Носенко // Вестник машиностроения. - 2010. - № 11. - С. 57-61.
5. Носенко В.А. Производственные испытания и внедрение шлифовальных кругов фирмы Carborundum на операции обработка сферической поверхности конического ролика / В.А. Носенко, А.В. Зуев, А.В. Морозов, Е.В. Рыженко // Актуальные вопросы современной техники и технологии. - Липецк : Издательский центр «Гравис», 2014. - С. 25-29.
6. Носенко В.А. Разработка математической модели скорости подачи ролика подшипника на сферошлифовальном станке SХК-5А / В.А. Носенко, А.В. Зуев, А.В. Морозов // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 5 [Электронный ресурс]. - URL: [www.science-education.ru/111-10245](http://www.science-education.ru/111-10245) (дата обращения: 11.02.2015).
7. Носенко В.А. Технология шлифования : монография / В.А. Носенко, С.В. Носенко; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. - 424 с.
8. Носов Н.В. Повышение точности обработки сферических торцов конических роликов подшипников / Н.В. Носов, Л.Н. Михайлова // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). - 2012. - № 3-1 (34). - С. 259-264.
9. Парфенов В.А. Структурный анализ технологических баз при шлифовании сферических торцов роликов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2013. - Т. 15. - № 6-2. - С. 443-447.
10. Коль Х. Руководство по эксплуатации специального шлифовального автомата SХК-5А с бункерной загрузкой для шлифования торцов конических роликов методом на проход // Mikrosa Werkzeugmaschinen – Лейпциг, 1990. - 67 с.

#### **Рецензенты:**

Пушкарев О.И., д.т.н., профессор кафедры «Общетехнические дисциплины» Волжского института строительства и технологий (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», г. Волгоград;

Санинский В.А., д.т.н., профессор кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.