

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ТОРЦОВ КОНИЧЕСКИХ РОЛИКОВ ПОДШИПНИКОВ

© 2012 Н. В. Носов, Л. Н. Михайлова

Самарский государственный технический университет

Рассмотрена погрешность формообразования сферы торца конического ролика при непрерывном шлифовании поверхностью периферии круга, заправленного по радиусу. Проведён анализ существующих способов шлифования данным методом. Представлены результаты исследований с целью повышения точности сферы торцов конических роликов с корригированным радиусом обработки и устройства для шлифования сферических торцов.

Шлифование сферических торцов роликов, корригированный радиус обработки, устройство для шлифования сферических торцов.

В конических роликоподшипниках совмещается способность цилиндрических подшипников хорошо противостоять радиальным нагрузкам и способность шариковых подшипников принимать осевые усилия. Контакт борта внутреннего кольца с торцом ролика конического подшипника несёт основную осевую нагрузку. Характер прилегания торцов роликов к борту кольца зависит от формы контактирующих поверхностей и влияет на условия их трения и площадь контакта, а следовательно – на качество и долговечность подшипников. К преимуществам сферической формы контактирующей поверхности относится ограничение перекоса ролика, уменьшение потерь на трение.

Наибольшее распространение при обработке сферических торцов конических роликов получили бесцентровые сферошлифовальные станки, основанные на сквозном (непрерывном) шлифовании поверхностью периферии круга. При этом заготовка имеет два вращательных движения: вокруг собственной геометрической оси - Ds_2 и оси круговой подачи - Ds_1 , главным движением является вращение шлифовального круга - Dg (рис.1).

В основу конструкции станков, работающих по данному методу, заложен принцип фрикционной передачи, основанный на прокатке конических роликов между двумя дисками. Диски вращаются в разных направлениях и с различной угловой скоростью. В рабочей зоне одновременно находятся несколько роликов. Шлифовальный круг состоит из набора слоёв различных характеристик, профилированных по радиусу.

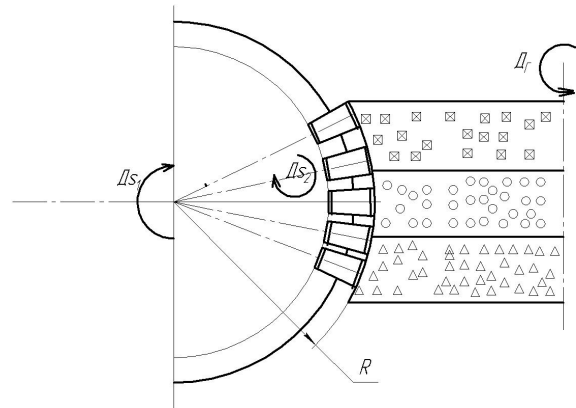


Рис.1. Схема непрерывного шлифования сферы торцов роликов периферией круга

При взаимодействии детали с кругом точка обрабатываемого торца, находящаяся на некотором расстоянии r_i от центра ролика, проходит в контакте с кругом путь между двумя линиями, ограничивающими площадку контакта (рис.2). За пределами площадки точка торца заготовки не взаимодействует с кругом, происходит холостой ход. За один оборот заготовки точка дважды взаимодействует с поверхностью шлифовального круга.

Для определения времени контакта заготовки со шлифовальным кругом рассматривается единичное взаимодействие точки торца заготовки с кругом за пол-оборота ролика. При этом точка M , расположенная на расстоянии максимального радиуса r_M , за время контакта заготовки с кругом переместится в положение M^I и повернётся на угол φ^M , а точка N , расположенная на расстоянии минимального радиуса r_N , переместится на угол φ^N и займёт положение N^I .

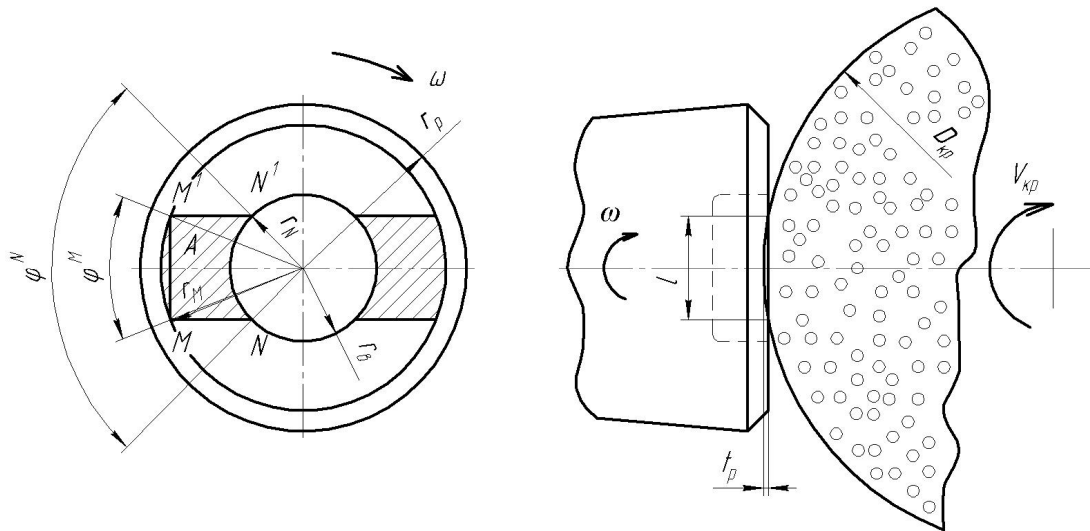


Рис. 2. Схема взаимодействия шлифовального круга с заготовкой

Центральный угол поворота точки M в контакте с кругом меньше, чем центральный угол поворота точки N . Следовательно, и время взаимодействия точек обрабатываемого торца заготовки различно. Оно выражается зависимостью

$$\tau_i = \frac{\varphi_i}{\omega}, \quad (1)$$

где φ_i - центральный угол поворота рассматриваемой i -й точки торца ролика, рад;

ω - угловая скорость ролика, рад/мин.

Центральный угол поворота определится из $\triangle OMA$ (рис. 2) как

$$\varphi_i = 2 \arcsin \frac{l}{2r_i}. \quad (2)$$

Подставив значение φ и ω в выражение (1), получим

$$\tau_i = \frac{1}{\pi n_p} \arcsin \frac{l}{2r_i}, \quad (3)$$

где n_p - частота вращения ролика, мин⁻¹;

r_i - величина радиуса, на котором находится рассматриваемая i -я точка торца ролика, мм.

Время единичного взаимодействия точек M (максимального) и N (минимального) удаления от центра торца заготовки) с шлифовальным кругом выразится:

$$\begin{aligned} \tau_M &= \frac{1}{\pi n_p} \arcsin \frac{l}{2r_M}; \\ \tau_N &= \frac{1}{\pi n_p} \arcsin \frac{l}{2r_N}. \end{aligned} \quad (4)$$

Время τ_N больше τ_M на величину $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau_{\max} = \frac{1}{\pi n_p} \left(\arcsin \frac{l}{2r_N} - \arcsin \frac{l}{2r_M} \right). \quad (5)$$

Формула (5) характеризует неравномерность взаимодействия шлифовального круга и торца ролика на разном удалении от центра. Чем ближе к центру торца, тем больше время взаимодействия, что является основной причиной получаемой от заданной формы торцевой поверхности погрешности.

Погрешность профиля сферы происходит за счёт того, что, вращаясь, ролик взаимодействует с кругом по полоске, в пределах которой скорость движения точек на разном удалении от центра торца ролика различная. Соответственно различно и время взаимодействия заготовки с кругом на разном расстоянии от центра торца ролика. Следовательно, съём металла по торцу ролика неодинаков – к центру больше. Поэтому при обработке радиусом R , равным номинальному, фактический радиус сферы R_c получается больше.

Проблема обеспечения точности обработки сферических торцов конических роликов актуальна. По принятым предприятиями действующим технологическим процессам изготовления конических роликов угол конуса образующей назначается равным расчётному (номинальному) значению.

В работе [1] рассматривается обработка сферических торцов радиусом, меньшим заданного на величину допускаемого отклонения, для чего используются исходные заготовки с увеличенными размерами диаметра их большого основания и угла конуса,

определяемые из условия обеспечения заданных размеров диаметра большого основания и угла конуса на последующих проходах шлифования образующей конуса роликов. При этом узел для базирования и перемещения заготовок выполнен в виде двух сменных чашеобразных соосных дисков, установленных с возможностью вращения в разные стороны с разными скоростями. Один из дисков выполнен с торцом, имеющем круговой венец с радиально расположенными углублениями в виде угловых призм, а второй – с торцом, оснащённым кольцевым постоянным магнитом. Для ограничения осевого перемещения заготовок конических роликов усилиями резания и исключения их защемления диск с призмами снабжён упругим волнообразным кольцом из плоской пружинной стали, расположенным в пазу с внутренней стороны диска. Для принудительного выталкивания обработанных роликов в демагнетизатор на размагничивание станок снабжён съёмником в виде клина из немагнитных материалов, встроенным в зону выгрузки.

Для осуществления данного способа необходимо пересмотреть весь маршрутный технологический процесс изготовления конических роликов, а увеличение размеров заготовки приводит к повышенному расходу металла.

В работе [2] предлагается шлифовать сферический торец ролика радиусом, равным заданной величине радиуса сферы. При этом базирование роликов происходит по двойной направляющей и опорной базам на жёстком диске, имеющем встроенные призмы и регулируемые опоры, расположенные на внутреннем цилиндрическом выступе жёсткого диска в плоскости симметрии призм. Это обеспечивает контакт наружной цилиндрической поверхности ролика с двумя опорными элементами призмы, а его торца, противоположного обрабатываемому сферическому торцу - с регулируемой опорой. За счёт улучшения базирования роликов при обработке достигается повышение точности по огранке и качество поверхности сферического торца по волнистости, однако данное техническое решение не влияет на точность радиуса сферы торца ролика.

Для повышения геометрической точно-

сти обработанной поверхности сферы торца ролика предлагается производить обработку корригированным радиусом [3].

Для компенсации погрешности сферы торца устанавливается радиус обработки, который меньше требуемого на величину ΔR :

$$R = R_c - \Delta R, \tag{6}$$

где R - радиус обработки, мм;

R_c – радиус сферы, мм;

ΔR - величина компенсации погрешности (корригирования), мм.

Для определения зависимости ΔR от величины погрешности профиля сферы используется формула для высоты сегмента (рис.3):

$$h = R_c - \sqrt{R_c^2 - r_p^2}, \tag{7}$$

где h - высота сегмента сферы, мм;

R_c - радиус сферы, мм;

r_p - половина хорды или радиус обрабатываемого торца ролика, мм.

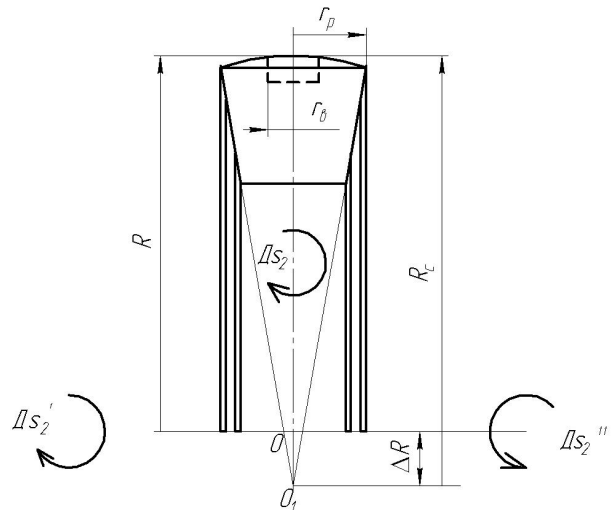


Рис. 3. Схема наладки при шлифовании с корригированным радиусом обработки

Фактический радиус сферы больше заданного. Поэтому высота сегмента фактической сферы меньше высоты сегмента заданной. Следовательно можно записать:

$$h = h_\phi + \Delta h, \tag{8}$$

где h_ϕ – высота сегмента фактического профиля сферы, мм;

Δh – отклонение высоты сегмента фактической от заданной сферы, мм.

Подставив (8) в (7) и выразив величины h_ϕ и Δh через фактический радиус R_ϕ и радиус сферы R_c по известной формуле, получим:

$$\begin{aligned} \sqrt{R_\phi^2 - r_e^2} - \sqrt{R_\phi^2 - r_p^2} = \\ = \sqrt{R_c^2 - r_e^2} - \sqrt{R_c^2 - r_p^2} - \Delta\Pi, \end{aligned} \quad (9)$$

где r_p - радиус обрабатываемого торца ролика, мм;

r_e - радиус технологической выемки на торце ролика, мм;

R_ϕ - фактический радиус сферы, мм;

$\Delta\Pi$ - величина погрешности торца ролика, мм.

Величина фактического радиуса сферы выражается через известные величины

$$R_\phi^2 = r_p^2 + \left(\Delta R + \sqrt{R_c^2 - r_p^2} \right)^2. \quad (10)$$

Подставляем значение R_ϕ в (9) и решаем относительно ΔR . Величина корригирования определится по формуле

$$\Delta R = \frac{\Delta\Pi \left(\sqrt{R_c^2 - r_e^2} - \frac{\Delta\Pi}{2} \right)}{\sqrt{R_c^2 - r_e^2} - \Delta\Pi - \sqrt{R_c^2 - r_p^2}}, \quad (11)$$

где R_c - радиус сферы, мм;

r_e - радиус технологической выемки торца ролика, мм;

r_p - радиус обрабатываемого торца, мм.

Повышение геометрической точности обрабатываемой поверхности осуществляется за счёт смещения центра круговой подачи ролика относительно центра обрабатываемой сферы на величину ΔR . На схеме (рис.3) показано, что ось вращения ролика проходит через центр круговой подачи O , а вершина образующих боковых поверхностей расположена в точке O^1 . Устройство для базирования и перемещения роликов имеет сменные для каждого типоразмера диски, вращающиеся в разные стороны с разными скоростями (D_{S2}' и D_{S2}''), диаметр которых зависит от радиуса обработки.

С целью устранения проскальзывания роликов при шлифовании с корригированным радиусом обработки оба диска выполнены сборными, состоящими из наружного и внутреннего колец. Наружные кольца закреплены на валу, а внутренние — с возможностью углового перемещения относительно наружных колец. Такая конструкция устройства обеспечивает обработку сферических торцов как в случае совпадения, так и в случае несовпадения

вершин конусов роликов в точке на оси вращения дисков.

Исследования шлифования с корригированным радиусом обработки с использованием устройства для шлифования сферы торцов проводились на роликах 6-7606 с радиусом сферы 158.10 мм, которые используются в однорядных и двухрядных радиально-упорных конических роликоподшипниках. Шлифовальный круг профилировался рассчитанным радиусом обработки и балансировался. Радиус сферы обработанных роликов зависит от износа шлифовального круга. Исследования проводились в период стойкости круга (3 часа) на станке БСШ-200 с режимами обработки: скорость шлифовального круга 25 м/с, скорость круговой подачи 1,0 м/мин, частота вращения заготовки 970 мин⁻¹. Контролировалось торцовое биение, огранка, шероховатость и радиус сферы торца ролика. При шлифовании роликов с корригированным радиусом обработки были получены результаты: торцовое биение 1...4 мкм, огранка 1...4 мкм и шероховатость $R_a=0,16...0,32$ мкм, которые соответствуют техническим требованиям, предъявляемым к коническим роликам данного типа.

Радиус обработки, рассчитанный по (6), составил 144 мм. В ходе исследований проводилось шлифование торцов роликов при различных радиусах обработки. Результаты экспериментальных исследований математически обрабатывались методом наименьших квадратов, что позволило установить эмпирические зависимости радиуса сферы торца от радиуса обработки. С целью определения наименьшей величины корригированного радиуса обработки ролики шлифовались с $R=158, 154, 146, 144$ и 142 мм (рис.4). На рисунке штриховыми линиями показаны допустимые значения обрабатываемого радиуса сферы торца ролика. В процессе шлифования кругом с номинальным $R=158$ мм радиусом обработки ярко выражена погрешность в виде превышения получаемых значений радиуса сферы (рис.4, кривая 1). В процессе шлифования наилучшие результаты показаны при шлифовании (кривые 3, 4 и 5) с корригированным радиусом обработки. Наиболее рациональным значением радиуса

зоны обработки является 144 мм. Корригированный радиус обработки позволяет стабильно обрабатывать ролики с заданным радиусом сферы в течение межправочного периода.

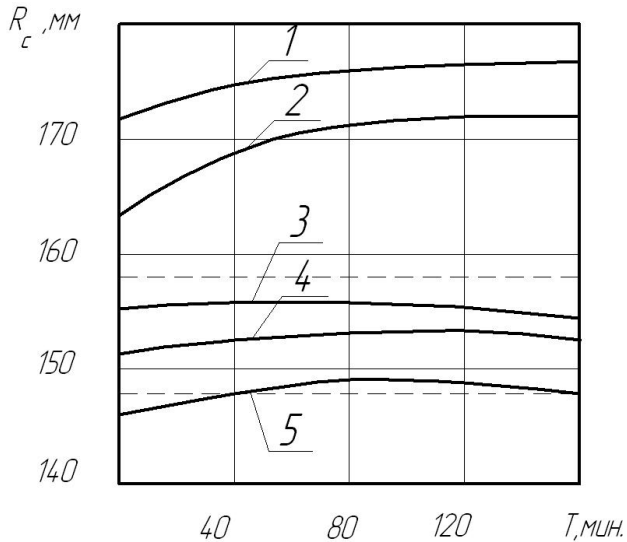


Рис. 4. Изменение радиуса сферы торца ролика в период стойкости круга в процессе шлифования с разными значениями радиуса обработки:
 1 – $R=158$ мм; 2 – $R=154$ мм; 3 – $R=146$ мм;
 4 – $R=144$ мм; 5 – $R=142$ мм

Установлено, что, применяя при обработке сферических торцов конических

роликов непрерывное шлифование поверхностью периферии круга рассчитанным (корригированным) радиусом, можно управлять величиной обработанного радиуса сферы торца конического ролика.

Библиографический список

1. Пат. 2353501 Российская Федерация, МПК В24В 11/00. Способ шлифования сферических торцов конических роликов и станок для его осуществления [Текст] / Б.И. Коротков; №2006146469/02; заявл. 25.12.2006; опубл. 27.04.2009. Бюл.№12.-3с.
2. Пат. 2351454 Российская Федерация, МПК В24В 11/00. Способ шлифования сферических торцов конических роликов [Текст] / В.А. Прилуцкий, В.А. Парфенов, А.В. Бурик; заявитель и патентообладатель СамГТУ.-№2007107293/02; заявл.26.02.2007; опубл. 10.04.2009. Бюл.№10.-1с.
3. А.с. 1212764 СССР, МКИ В24В 11/00. Способ шлифования сферических торцов конических роликов и устройство для его осуществления [Текст] / А.В. Еремин, Л.Н. Михайлова; заявл.23.12.83; опубл.23.02.86. Бюл. №7. - 6с.

IMPROVING THE PROCESSING ACCURACY OF SPHERICAL ENDS OF BEARING TAPERED ROLLERS

© 2012 N. V. Nosov, L. N. Mikhailova

Samara State Technical University

The error in sphere forming of tapered rollers end in continuous grinding periphery of the circle, filled to the radius, was examined. The analysis of all existing grinding ways by this method was made. The results of researches related to improve the tapered rollers ends sphere accuracy with the corrected radius of processing and device for grinding of spherical ends of tapered rollers.

Grinding of spherical ends of tapered rollers, corrected radius of processing, device for grinding of spherical ends of tapered rollers.

Информация об авторах

Носов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Самарский государственный технический

университет. E-mail: nosov@samgtu.ru. Область научных интересов: инновационные технологии в машиностроении.

Михайлова Людмила Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и станочные комплексы», Самарский государственный технический университет. E-mail: mih_ln@mail.ru. Область научных интересов: шлифование сферических торцов, роликов, конических подшипников.

Nosov Nikolai Vasilyevich, doctor of technical science, professor, chairholder of Machine-Building Technology, Samara State Technical University. E-mail: tms@samgtu.ru. Area of research: innovative technology in machine building.

Mikhailova Liudmila Nikolayevna, candidate of technical sciences, assistant professor of Cars and machine complexes, Samara State Technical University. E-mail: mih_ln@mail.ru. Area of research: grinding of spherical ends rollers of tapered bearings.