

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ  
ПАРАМЕТРЫ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ РАДИАЛЬНО – УПОРНЫХ  
ПОДШИПНИКОВ**

*Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.*

*В данном докладе рассматривается новая технология шлифования колец радиально-упорных подшипников чашечным шлифовальным кругом. Приведены результаты проведенных авторами экспериментальных исследований, описано влияние режимов обработки на геометрические параметры дорожек качения подшипников.*

*Ключевые слова: подшипник, шлифование, чашечный шлифовальный круг*

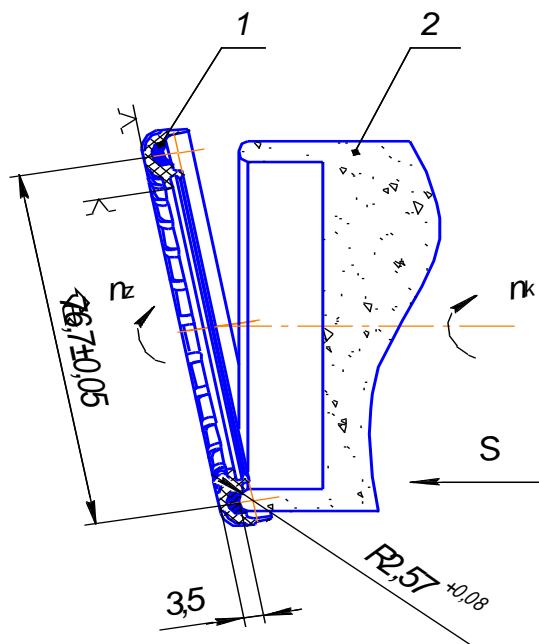
Требования повышения качества и долговечности работы подшипников в целом в значительной степени определяются физико-механическими и геометрическими характеристиками рабочих поверхностей. Именно качество рабочих поверхностей практически во всех случаях предопределяет важнейшие эксплуатационные свойства деталей – долговечность, износостойкость и др. [1]

Особую сложность представляет собой шлифование торцевых фасонных поверхностей. Обычно такие поверхности шлифуются периферией шлифовального круга дисковой формы. Для получения требуемой точности обработки шлифование этих поверхностей осуществляют кругом малого диаметра, что приводит к повышенному его износу, необходимости правки после каждой обработанной детали и к частой замене шлифовального круга. Это резко снижает производительность обработки.

На кафедре «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. разработана прогрессивная технология шлифования фасонных поверхностей

типа дорожек качения колец упорных подшипников торцом чашечного шлифовального круга (заявка на патент № 2012102205). [2]

Для обеспечения заданных параметров качества дорожек качения радиально - упорных подшипников важно определить режимы резания, но на данный момент нет достоверных расчетных методик. Поэтому для нахождения оптимальных режимов обработки провели экспериментальные исследования на модернизированном станке ТПК-125.



**Рис. 1. Схема проведения экспериментальных исследований шлифования дорожек качения радиально - упорных подшипников**

Обработка кольца подшипника велась чашечным шлифовальным кругом 2, частота вращения которого  $n_k$  об/мин (рис. 1). Заготовка 1 вращается в обратном направлении относительно вращения шлифовального круга, сам круг имеет продольную подачу  $S$ .

Заготовку 1 устанавливали в оправку, что позволяло зафиксировать ее положение, и закрепляли с помощью кольца большего диаметра, которое накручивали на оправку. Для выполнения обработки шлифовальный круг 2 подвели к обрабатываемой поверхности и снимали припуск 0,2 мм. Подвод и

отвод шлифовального круга производили при вращении заготовки, для того чтобы избежать выкрашивания абразива. Шлифование велось с применением смазочно-охлаждающей жидкости.

Для получения математической модели процесса шлифования дорожек качения упорных подшипников использовали метод полного факторного эксперимента  $2^4$ .

За параметры оптимизации приняли радиус дорожки качения  $R$ , толщину колец подшипников  $h$  и момент сопротивления вращению  $M$ , а за факторы взяли подачу шлифовального круга  $S$ , время выхаживания шлифовального круга  $t$ , частоту вращения заготовки  $n$  при обработке колец подшипников и окружную скорость шлифовального круга  $v$ . В методике исследований приняты интерполяционные модели, которые выражают степенную зависимость выходных параметров от регулируемых факторов процесса. Для проверки гипотезы однородности дисперсии использовали критерий Кохрена. Значимость коэффициентов регрессии оценивали по критерию Стьюдента. Гипотезу адекватности модели принимали, если табличное значение критерия Фишера при доверительной вероятности 0,05 оказывалось больше расчетного.

После обработки результатов экспериментов получили следующие зависимости:

$$R = 2,46 \cdot S^{-0,015} \cdot v^{0,022} \cdot t^{-0,057} \quad (1)$$

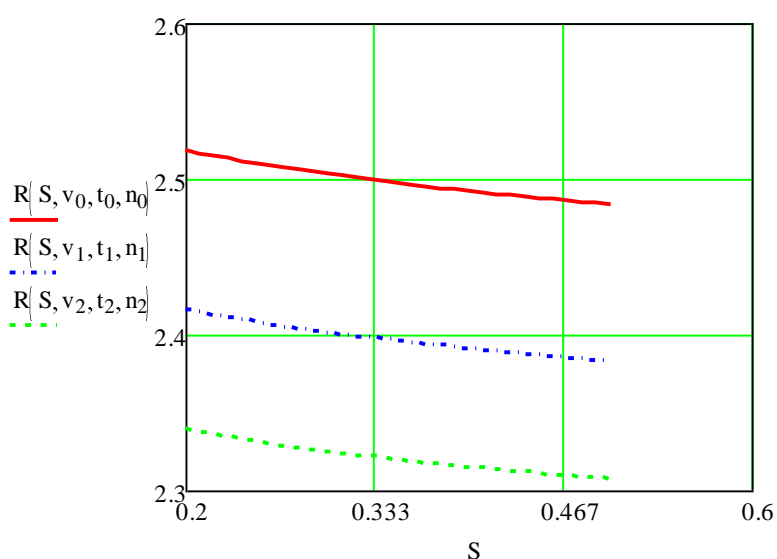
$$M = 18,28 \cdot S^{0,568} \cdot v^{-0,234} \cdot t^{0,107} \cdot n^{-0,24} \quad (2)$$

$$h = 3,353 \cdot S^{0,013 \ln(n) - 0,04} \cdot v^{-0,016 \ln(S) - 0,012} \cdot t^{0,003 + 0,005 \ln(S)} \cdot n^{0,015} \quad (3)$$

Анализ полученных зависимостей показал, что подача шлифовального круга  $S$ , окружная скорость вращения шлифовального круга  $v$  и время выхаживания шлифовального круга  $t$  оказывают на радиус дорожки качения  $R$  непосредственное влияние. На момент сопротивления вращению  $M$  влияние так же оказывают подача шлифовального круга  $S$ , окружная скорость вращения шлифовального круга  $v$ , частота вращения заготовки  $n$  и время выхаживания шлифовального круга  $t$ . На толщину колец влияют все факторы, а время выхаживания шлифовального круга  $t$  и подача шлифовального круга  $S$ ,

частота вращения заготовки  $n$  и подача шлифовального круга  $S$ , окружная скорость вращения шлифовального круга  $v$  и подача шлифовального круга  $S$  оказывают на толщину подшипника  $h$  взаимное влияние.

Построены соответствующие графики, демонстрирующие зависимости радиуса дорожки качения  $R$ , толщины колец подшипников  $h$  и момента сопротивления вращению  $M$  от подачи шлифовального круга  $S$ , времени выхаживания шлифовального круга  $t$ , частоты вращения заготовки  $n$  при обработке колец подшипников и окружной скорости шлифовального круга  $v$ . Представим некоторые из них (рис.2).



**Рис. 2. Зависимость радиуса  $R(S, v, t, n)$  (мм) дорожки качения подшипника от подачи шлифовального круга  $S$  (мм/мин) при максимальных, средних и минимальных значениях других факторов**

На графике видно, что подача шлифовального круга оказывает значительное влияние на радиус дорожки качения. Так, с увеличением подачи с 0,2 мм/мин до 0,5 мм/мин (в 2,5 раза) радиус дорожки качения уменьшается. Объясняется это тем, что при увеличении подачи нагрузка на зерна шлифовального круга возрастает, шлифовальный круг начинает интенсивнее изнашиваться по краям, что приводит к уменьшению радиуса дорожки качения. Неравномерный износ шлифовального круга вызван неравномерностью распределения припуска вдоль профиля дорожки качения. По краям профиля

дорожки качения припуск больше, поэтому и износ шлифовального круга происходит более интенсивно по краю профиля дорожек.

На основании экспериментальных исследований и математических расчетов найдены оптимальные режимы шлифования дорожек качения упорно-радиальных подшипников  $S_{opt} = 0,7 \text{ мм/мин}$ ,  $t_{opt} = 3,5 \text{ с}$ ,  $n_{opt} = 2000 \text{ об/мин}$ ,  $v_{opt} = 25 \text{ м/с}$ .

Из вышесказанного можно сделать вывод, что выполнен анализ результатов экспериментальных исследований, который позволил объяснить механизм влияния различных факторов на результаты обработки. Предложены математические зависимости геометрических параметров колец подшипников от режимов обработки, найдены оптимальные режимы обработки колец подшипников.

#### Литература:

1. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки: в 3 ч. Ч2: Взаимодействие инструмента и заготовки при абразивной обработке/ А.В. Королев, Ю.К. Новоселов; под ред. С.Г. Редько. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1987. 154 с.

2. Решетникова О.П. Перспективный технологический процесс шлифования тороидальных поверхностей / О.П. Решетникова, А.В. Королев // Семинар «Современные технологии в горном машиностроении»: сб. науч. тр. / Московский государственный горный университет. - Москва, 2012. -С. 413- 416