

5. Колтунов И.И. Динамическая модель процесса шлифования сферических поверхностей колец подшипников // Автомобильная промышленность, №2, 2001 г.

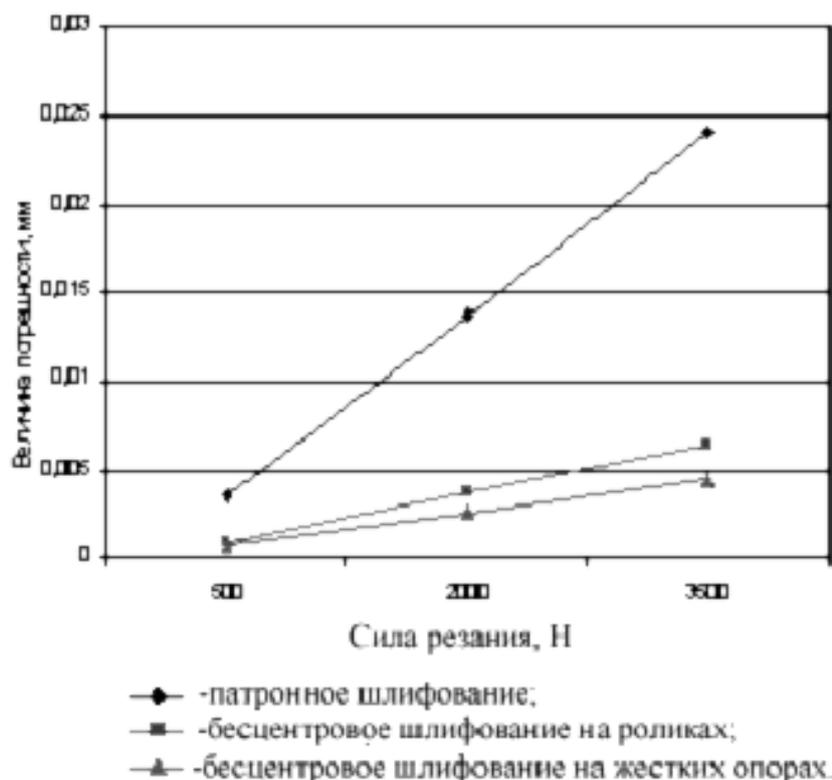


Рисунок 3 – Погрешность формы внутренней цилиндрической поверхности кольца в зависимости от силы резания

Зависимость точности шлифования от параметров наладки

д.т.н. проф. Колтунов И.И., к.т.н. проф. Лобанов А.С.

МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23, доб. 1506, iik@mami.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования и подробный анализ зависимости точности формы дорожки качения наружного кольца двухрядного роликового подшипника от наладочных параметров при обработке шлифованием чашечными кругами на врезание.

Ключевые слова: точность, шлифование, параметры наладки, математическая модель.

Одной из наиболее сложных проблем при обработке дорожек качения колец является обеспечение заданной точности формы обрабатываемых поверхностей. К дорожкам качения наружных колец двухрядных роликовых подшипников предъявляются такие требования, как достижение наименьшего отклонения от сферической формы поверхности и симметричное расположение ее по высоте кольца.

Конечная точность формы обрабатываемой поверхности в значительной степени определяется заключительной операцией механической обработки.

Операция шлифования дорожек качения наружных колец двухрядных роликовых подшипников чашечными кругами на врезание позволяет обеспечивать высокое качество обрабатываемой поверхности. Однако отсутствие данных о влиянии наладочных параметров на точность формы дорожек качения при шлифовании этим методом затрудняет получение фа-

сонной поверхности высокой точности.

Установлено, что для обеспечения заданной формы обрабатываемой поверхности при шлифовании чашечными кругами внутренних сферических поверхностей колец подшипников необходимо, чтобы ось вращения шлифовального круга пересекала ось вращения изделия и лежала в плоскости симметрии кольца. Не выполнение данных требований приводит к возникновению погрешностей формы обрабатываемой поверхности.

Цель настоящей работы - исследование и анализ влияния всех наладочных параметров на точность формы дорожек качения наружных колец двухрядных роликовых подшипников при шлифовании чашечными кругами на врезание.

Методика экспериментальных исследований построена на основе стратегии планируемого многофакторного эксперимента [1]. В качестве входных параметров X_i приняты: смещение оси вращения круга от плоскости симметрии кольца (осевое смещение X_0 , угловое смещение γ_0), смещение оси вращения круга относительно оси вращения изделия (радиальное смещение y_0 , угловое смещение φ_0 (рисунок 1).

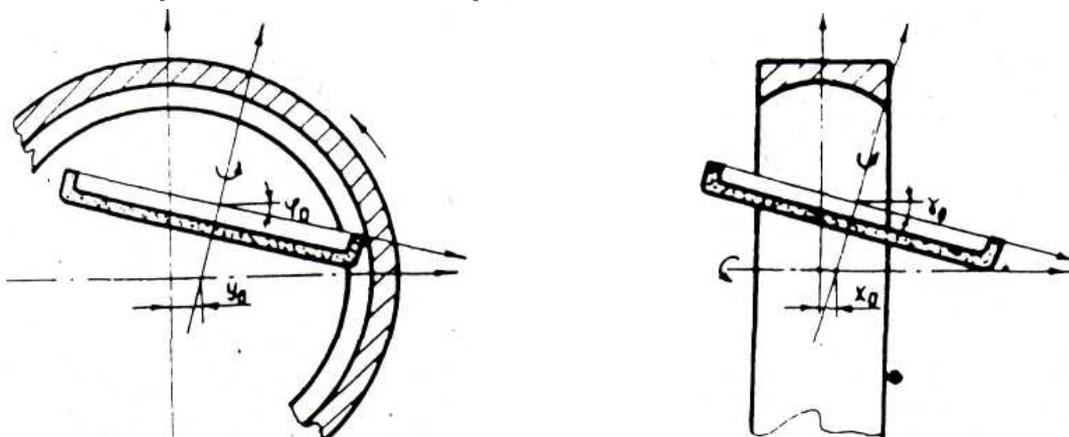


Рисунок 1 – Параметры наладки

Параметр Δ_ψ находился как в качестве критериев оценки точности формообразования (выходных параметров) приняты отклонения от симметричного расположения дорожки качения по высоте кольца δ_b и от сферической формы Δ_ψ . Параметр определялся как разность радиусов внутренне 2 сферической поверхности, измеренных у базового и противобазового торцов кольца, и замерялся на приборе КД-415 с индикаторной головкой (цена деления 0,001 мм). Разность радиусов профиля обработанной поверхности записанного на приборе "Телиронд" при установке кольца на специальной плите, расположенной под углом к плоскости предметного столика записывающего прибора.

За математическую модель процесса примем систему уравнений первой степени:

$$\Delta_\psi = b_0 + b_x \times x_0 + b_y \times y_0 + b_\gamma \times \gamma_0 + b_\varphi \times \varphi_0; \quad (1)$$

$$\delta_b = b'_0 + b'_x \times x_0 + b'_y \times y_0 + b'_\gamma \times \gamma_0 + b'_\varphi \times \varphi_0. \quad (2)$$

Значение коэффициентов в этих уравнениях можно получить путем варьирования каждого из входных факторов x_i на верхнем x_{Bi} ; и нижнем x_{Hi} уровнях, отличающихся от базового уровня x_δ величиной шага варьирования $\pm \Delta x_i$.

Для упрощения вычислений начало координат перенесем в точку, соответствующую базовым значениям аргументов, при которых создаваемые во время опытов их сочетания окажутся удаленными от базовых значений на расстояние, по модулю равное единице.

Перенос координат и изменение масштаба выполняем по формуле

$$Z_i = \frac{x_i - x_{\bar{\alpha}}}{\Delta x_i}, \quad (3)$$

где: Z_i - единица нового масштаба.

Уровни аргументов, необходимые для проведения эксперимента, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Аргументы	Единицы нового масштаба	Базовые значения	Значения аргументов в опыте	
			+1	-1
$x_1(x_0)$	20	40	60	20
$x_2(y_0)$	20	40	60	20
$x_3(\gamma_0)$	3	5	8	2
$x_4(\varphi_0)$	3	5	8	2

За основу плана эксперимента взят дробный факторный эксперимент типа 2^{4-1} . Для построения матрицы планирования допустим, что парными и дробными взаимодействиями можно пренебречь. При этом малые коэффициенты взаимодействий будут входить в коэффициенты регрессии.

Зададим полуреплику типа 2^{4-1} с помощью генерирующего соотношения

$$x_4 = x_1, x_2, x_3.$$

Определяющий контраст, характеризующий разрешающую способность выбранной реплики, имеет вид:

$$1 = x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4.$$

Эксперименты проводились на сфершлифовальном станке-полуавтомате 13-29, объекты исследований – наружные кольца подшипников 3622, шлифовальные круги ЧЦ 100×35×20, 24А16СМ2Б, скорость вращения круга 35 м/с, скорость вращения изделия 200 м/мин. «Шлифование производилось по циклу: быстрый подвод, шлифование с подачей 1,2 мм/мин, выхаживание 25 с. Время цикла 95 с. Охлаждающая жидкость -3%-ный содовый раствор с добавками 0,3% нитрита натрия. Исходные геометрические параметры заготовок поддерживались на одном уровне. Дисперсионный анализ результатов многофакторного эксперимента производился в следующей последовательности.

На основании расчетов коэффициентов регрессии и проверки гипотезы об их значимости получена система уравнений, выражающих зависимости между принятыми входными и выходными параметрами процесса формообразования, в кодовых обозначениях:

$$\Delta_{\psi} = 10,270 + 1,779 \times Z_2 + 0,544 \times Z_3 - 0,204 \times Z_4 \quad (4)$$

$$\delta_b = 28,575 + 14,188 \times Z_1 - 1,200 \times Z_3. \quad (5)$$

Подставив в полученные уравнения значения Z_i из формулы (3) и проверив гипотезу об адекватности представления результатов эксперимента найденными уравнениями связи, получим математическую модель процесса формообразования в натуральных единицах.

$$\Delta_{\psi} = 6,151 + 0,089 \times y_0 + 0,181 \times \gamma_0 - 0,068 \times y_0 \quad (6)$$

$$\delta_b = 2,199 + 0,709 \times x_0 - 0,040 \times \gamma_0. \quad (7)$$

Анализируя полученную математическую модель (уравнения 4-7) с учетом границ, в которых изменялись входные параметры, можно отметить следующее.

Наибольшее влияние на отклонение обрабатываемой поверхности от сферической формы Δ_{ψ} по сравнению с другими наладочными параметрами оказывает радиальное смещение

ние y_0 . Причем с увеличением этого смещения погрешность Δ_ψ растет. Между погрешностью Δ_ψ и угловым смещением γ_0 существует прямая зависимость, а между Δ_ψ и угловым смещением φ_0 - обратная. Осевое смещение x_0 не оказывает заметного влияния на точность сферической формы обрабатываемой поверхности. Оно влияет на отклонение обрабатываемой поверхности от заданного положения δ_b . Между ними существует прямо пропорциональная зависимость. С увеличением углового смещения γ_0 погрешность δ_b уменьшается. Радиальное смещение y_0 и угловое смещение φ_0 не оказывают заметного влияния на погрешность δ_b .

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что при шлифовании дорожек качения наружных колец двухрядных роликовых подшипников чашечными кругами на врезание погрешность положения обрабатываемой поверхности возникает в основном из-за осевого смещения x_0 , а отклонение от сферической формы из-за радиального смещения y_0 . При наличии на обработанной поверхности погрешности δ_b , выходящей за пределы поля допуска, необходимо провести регулировку стола станка в горизонтальном направлении на величину x_0 , подсчитанную по уравнению (7) с помощью регулировочного винта с нониусной головкой.

При погрешности Δ_ψ обработанной поверхности необходимо отрегулировать положение шпинделя шлифовального круга в вертикальном направлении регулировочным винтом с нониусной головкой. Величину регулирования y_0 можно найти из уравнения. (6). Радиальное смещение можно также определить визуально по следам резания-царапания на обработанной поверхности. Если они образованы нижней и верхней частями режущей кромки шлифовального круга взаимно пересекаются, то есть на шлифовальной поверхности появляется "сетка", то радиальное смещение находится в пределах высоты микронеровностей обрабатываемой поверхности, что обеспечивает получение высокой точности сферической формы дорожки качения [2].

Литература

1. Кацев П.Т. Оптимизация процессов обработки металлов резанием. ГОСШПИ, ОМТ, 1970.
2. Ящерицин П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. Минск, "Наука и техника". 1971.

Обеспечение физико-механических свойств поверхностного слоя криволинейных поверхностей при шлифовании

д.т.н. проф. Колтунов И.И., к.т.н. проф. Лобанов А.С.

МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23, доб. 1506, iik@mami.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования физико-механических свойств поверхностного слоя криволинейных поверхностей, обработанных шлифованием методом пересекающихся осей чашечными кругами.

Ключевые слова: шлифование, степень упрочнения, остаточные напряжения, износостойкость.

Одно из основных требований, предъявляемых к шлифовальным операциям, - обеспечение требуемого качества обрабатываемой поверхности в отношении ее шероховатости и физико-механических характеристик. Шероховатость рабочих поверхностей деталей влияет, в основном, на их износ в процессе приработки, а физико-механические свойства поверхно-