

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОДШИПНИКОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

В.В.Мамарин, кандидат технических наук, доцент

В.А.Артюх, инженер

А.Е.Березанский, студент

Николаевский государственный аграрный университет

Розглянуто вплив похибки виготовлення конусної поверхні шпильки на основні робочі характеристики підшипників. Дано рекомендації за призначенням поля допуску поверхні конусів

При определении несущей способности профилированного подшипника и основных его характеристик [1] предполагалось, что поверхность шипа геометрически правильная круглая коническая поверхность и что шип и подшипник абсолютно жестки, а их оси и образующие конусов строго параллельны.

Между тем, неточности при обработке и монтаже подшипников создают отклонения от расчетной формы смазочного зазора, которые могут существенно изменить несущую способность и режим трения в смазочном слое.

Чтобы правильно оценить степень надежности, с какой сделан расчет по основным характеристикам подшипников с профилированным смазочным слоем, и дать достаточно строгое обоснование системы допусков на изготовление и сборку подшипников, необходимо с помощью гидродинамической теории рассмотреть такие случаи, когда поверхности шипа и вкладыша отклоняются от расчетной правильной геометрической формы.

Это исследование поможет увязать расчет и конструирование профилированных подшипниковых узлов с технологией их изготовления.

Ввиду трудностей полного решения указанного вопроса в этой статье рассматривается влияние на гидродинамику слоя смазки лишь наиболее важных видов отклонений от расчетной формы поверхностей шипа и вкладыша, а также их взаимного расположения, возникающих от неточности обработки и сборки подшипников.

Стандарт СТ СЭВ 301-76 «Допуски формы и расположения поверхностей» предусматривает, что фактическая поверхность шипа подшипника может иметь отклонение формы как в продольном, так и в поперечном сечении. В поперечном сечении наблюдается овальность и огранка, а в продольном - бочкообразность, седлообразность и конусообразность.

Следует заметить, что при обработке валов на токарных станках значительно чаще встречаются погрешности в продольном сечении, обусловленные отклонением от параллельности оси шпинделя направлению дви-

жения суппорта в горизонтальной плоскости, интенсивным износом резцов, нежесткостью механизма подачи станка и так далее...

Правильное и более полное нормирование точности формы и расположения поверхностей является одним из основных факторов повышения качества машин и механизмов.

Некоторые указания на ориентировочное определение несущей способности опор трения с учетом овальности шипа и подшипника можно найти у А.К.Дьячкова. Вопросы, связанные с распределением давления в смазочном слое при непараллельности поверхностей шипа и вкладыша подшипника, осветил М.В.Коровчинский [2].

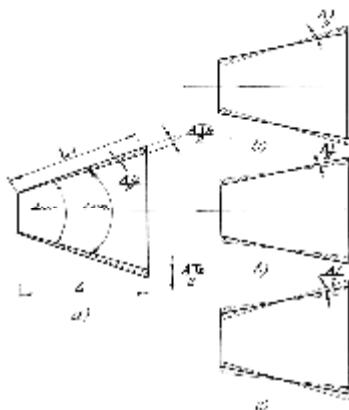


Рис. 1. Схемы расположений полей допусков конусов

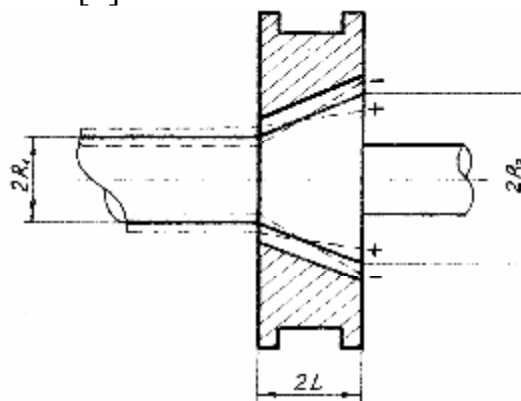


Рис. 2. Погрешность конусности поверхности шипа относительно вкладыша подшипника

Влияние погрешности конусности на работу подшипника аналогично влиянию непрямолинейности, то есть при значительной конусности возможны перегрузки части опорной поверхности, металлический контакт и перегрев, в то время как ее другая часть практически не несет нагрузки.

Согласно стандарта ГОСТ 8908-81 возможны различные варианты заданий расположения полей допусков для углов конусов. Рекомендуемые этим стандартом расположения полей допусков представлены на рис. 1.

Для исследования были выбраны варианты расположения допусков, изображенные на рис. 1,б и 1,в, которые позволяют достаточно полно проследить влияние различных расположений полей допусков на рабочие характеристики конусных профилированных подшипников (рис. 2).

В случае, если цапфа обработана с некоторой погрешностью конусности, безразмерная толщина смазочного слоя в профилированном подшипнике может быть описана уравнением:

$$H = H_i \pm \frac{W}{S \cdot m}, \quad (1)$$

где H – безразмерная толщина смазочного слоя;

H_i – уравнение, описывающее изменение безразмерной толщины смазочного слоя;

W – безразмерная координата, изменяющаяся в интервале ± 1 ;

S – коэффициент, учитывающий величину конусности в долях от минимальной толщины смазочного слоя;

m – коэффициент сужения смазочного слоя.

Подставив выражение (1) в систему уравнений для определения коэффициентов C_K , полученное в [1], произведя ряд преобразований, интегрирования и подстановок, опущенных ввиду их громоздкости, находим выражение для определения коэффициента C_K .

$$C_K = \frac{\sigma^2 \left(\frac{2}{\Pi} - \frac{4}{\Pi^2} \right) + \frac{2(-1)^{K+1}}{\Pi}}{1 - \frac{1}{\sigma^2 + \lambda^2} \left\{ \left(\frac{\sigma^2}{3} + 1 \right) \Pi \cdot \Phi \pm \frac{\sigma}{S \cdot m} \left(\frac{3}{2} + 2\Pi^2 \right) I + \frac{1}{S^2 \cdot m^2} \left[\sigma^2 \left(1,5 - \frac{9}{4\Pi^2} + \frac{3}{5} \Pi^2 \right) + \frac{3}{2} + \Pi^2 \right] \cdot Ю \pm \frac{\sigma}{S^3 \cdot m^3} \left[\frac{3}{2} + \frac{2}{5} \Pi^2 - \frac{9}{4\Pi^2} \right] \cdot Я \right\}} \quad (2)$$

где

$$\Pi = \frac{2K-1}{2} \cdot \pi; \quad \Phi = \frac{\int_0^{2\pi} P_\infty^2 \cdot H^3 \cdot d\varphi}{\int_0^{2\pi} P_\infty \frac{\partial H}{\partial \varphi} \cdot d\varphi}; \quad I = \frac{\int_0^{2\pi} P_\infty \cdot H^2 \cdot d\varphi}{\int_0^{2\pi} P_\infty \frac{\partial H}{\partial \varphi} \cdot d\varphi};$$

$$Ю = \frac{\int_0^{2\pi} P_\infty^2 \cdot H \cdot d\varphi}{\int_0^{2\pi} P_\infty \frac{\partial H}{\partial \varphi} \cdot d\varphi}; \quad Я = \frac{\int_0^{2\pi} P_\infty^2 \cdot d\varphi}{\int_0^{2\pi} P_\infty \frac{\partial H}{\partial \varphi} \cdot d\varphi}.$$

Безразмерная координата W изменяется в пределах ± 1 , коэффициент S для оценки влияния погрешности конусности принимается равным $S = 2, 4, 6, 8$.

Вычисления характеристик профилированных подшипников, проведенные для различных форм зазоров, показали, как в зависимости от величины погрешности конусности изменяются несущая способность, температурный режим смазочного слоя и другие характеристики подшипника. Согласно полученным расчетным данным, существенно влияет не только величина погрешности конусности, но и направление ее расположения, т.е. знак плюс или минус в выражениях (1) и (2).

При увеличении масляного зазора на большом диаметре конуса и сужении в противоположном направлении в результате погрешности конусности (знак $+$ в выражениях (1) и (2)) наблюдается падение несущей способности профилированных подшипников, достигающее при $S=2$ до 30 %.

При сужении масляного зазора на большом диаметре конуса и расширении зазора по направлению к меньшему диаметру (знак $-$) в выраже-

ниях (1) и (2)) имеет место некоторое увеличение несущей способности подшипников, достигающее при максимальном эффекте 8,5 %.

С ростом коэффициента сужения смазочного слоя m влияние погрешности конусности несколько снижается, но остается достаточно сильным (уменьшение несущей способности до 20 %).

Температура смазочного слоя подшипника в обоих случаях различного расположения поля допуска погрешности конусности по сравнению с номинальной изменяется незначительно, в пределах одного градуса, и этим изменением можно пренебречь. Столь же незначительно меняется расход смазки (в пределах до 1 %). Не оказывает существенного изменения на степень влияния погрешности изменение частоты вращения вала.

Более значительно сказывается форма профиля масляного зазора. Так, для подшипника с профилем масляного клина, изменяющегося по уравнению $H = m^{\varepsilon^2 - 2\varepsilon}$, влияние погрешности конусности более выражено, чем для профиля, изменяющегося по $H = m^{-\varepsilon}$.

Полученные результаты вычислений дают основания утверждать, что при задании допуска на изготовление шипа по предложенной на рис. 1, б схеме и нахождении величин $AT_h/2$ и $AT_D/2$ в пределах половины величины минимального масляного зазора, технологические погрешности конусности не только не будут снижать несущей способности подшипника, но даже в какой-то степени будут повышать запас несущей способности подшипника.

В соответствии со стандартами СТ СЭВ 178-75 и ГОСТ 8908-81 «Нормальные углы и допуски углов» наиболее распространенные радиально-упорные подшипники с диаметрами от 50 до 500 мм должны, согласно изложенным выше рекомендациям, изготавливаться по степеням точности АТ6 и АТ7, что является вполне реально достижимым в производственных условиях настоящего времени.

В качестве примера можно привести из табл.3 ГОСТ 8908-81 для конических деталей длиной до 100 мм, соответствующих степени точности изготовления АТ6, допуск угла конуса $AT_\alpha = 160$ мкрад = 33" или $AT_h = 10-16$ мкм, или $AT_h/2 = 5-8$ мкм, т.е. в пределах половины величины минимального масляного зазора.

Для подшипников сравнительно малой длины и диаметром до 50 мм достаточной является 8-я степень точности изготовления конуса шипа, т.е. АТ8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Д.Д., Соловьев С.И., Мамарин В.В. Конусный гидродинамический подшипник скольжения // Труды НКИ. - 1984. - Вып. 81. С. 82-89.
2. Коровчинский М.В. Прикладная теория подшипников жидкостного трения. - М.: Машиностроение, 1974. - 286 с.