

- ских процессов в машиностроении. – М.: Славянская школа. 2002. – 234 с.
4. Технология электрохимической обработки деталей в авиадвигателестроении / В.А. Шманев, В.Г. Филимошин, А.Х. Каримов и др. – М.: Машиностроение. 1986. – 168 с.
 5. Цырков А.В., Марьин Б.Н., Русин М.Ю. Системы автоматизированного проектирования в авиа- и ракетостроении. В кн.: Теоретические основы авиа- и ракетостроения / А.С. Чумадин, В.И. Ершов, В.А. Барвинок и др. – М.: Дрофа. 2005. – С. 716–784 с.
 6. Соколов В.П., Цырков А.В. Математическое, методическое и организационное обеспечение технологической подготовки производства / Информационные технологии в наукоемком машиностроении / Под ред. А.Г. Братухина. – К.: Техника. 2001. – С. 475–500.
 7. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей: Учебное пособие / Под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Дрофа, 2002. – 656 с.

Комплексный геометрический контроль колец шариковых подшипников на координатно-измерительной машине

к.т.н. проф. Суслин В.П., к.т.н. доц. Джунковский А.В., Холодов Д.А.
МГТУ «МАМИ»
8-945-223-05-23 доб. 14-92

Аннотация. В статье описан метод комплексного контроля геометрических параметров колец шариковых подшипников с помощью координатно-измерительной машины (КИМ) вместо ряда специализированных приборов, используемых на предприятиях подшипниковой промышленности. Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать вывод о возможности подобного контроля с помощью КИМ.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, торовые поверхности, беговые дорожки, шариковые подшипники, кольца шариковых подшипников.

Качество работы собранных подшипников во многом определяется параметрами внутреннего и наружного кольца подшипников. Досборочный контроль геометрических параметров колец в большинстве случаев производится с использованием ряда специализированных приборов, таких как Talylond, Form Talysurf, Talysenta и др. [5, 6]. Точность вращения характеризуется при этом следующими параметрами: радиальными биениями внутреннего и наружного колец; боковыми биениями торца внутреннего кольца; боковым биением по дорожкам качения внутреннего и наружного колец [7].

В лаборатории САПР МГТУ «МАМИ» разработан метод комплексного геометрического контроля колец подшипников с использованием координатно-измерительных машин (рисунок 1).

Отклонения по биениям подшипника обусловлены главным образом погрешностями формы и расположением поверхностей колец. Так, радиальное биение может быть вызвано радиальным биением колец (разностенностью). Осевое биение обусловлено осевым биением колец, т. е. непараллельностью плоскости центров кривизны беговой дорожки торцу кольца, или нарушением профиля беговой дорожки [4].

Использование КИМ позволяет измерять геометрические параметры и биение колец подшипника, независимо от его базирования и точности попадания в экстремальные точки беговой дорожки кольца подшипника. Экспериментальные исследования на КИМ проводились с использованием измерительной программы ГеоАРМ, разрабатываемой в лаборатории САПР, дополненной модулями измерения тора.

Геометрическими параметрами для контроля являются:

- диаметр цилиндрического отверстия внутреннего кольца и диаметр цилиндра внешнего кольца;

Раздел 2. Технология машиностроения и материалы.

- непостоянство диаметров, т.е. радиальные биения цилиндров;
- ширина колец и непостоянство ширины колец, т.е. торцевые биения;
- непараллельность дорожки качения колец относительно торца;
- неперпендикулярность торцев колец относительно цилиндров;
- радиус беговой дорожки и диаметр дорожки качения;
- непостоянство диаметра дорожки качения;
- разностенность дорожки качения - разность между наибольшим и наименьшим расстояниями в радиальном направлении от поверхности цилиндра до середины дорожки качения кольца.

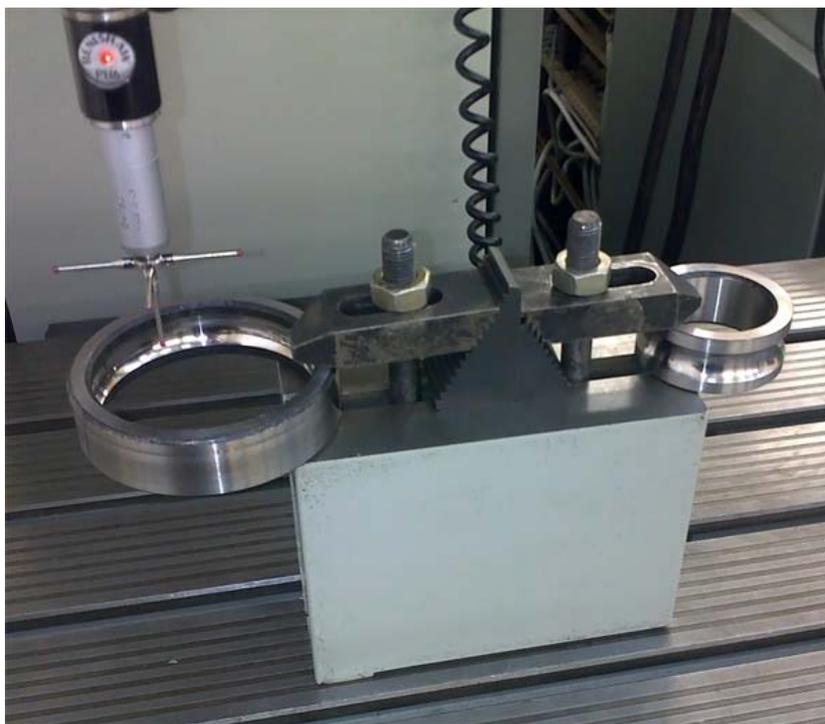


Рисунок 1 – Измерение геометрических параметров колец подшипника

Метод комплексного анализа геометрических параметров колец подшипников включает в себя следующие процедуры.

Контроль диаметров цилиндрических поверхностей колец с помощью стандартной процедуры измерения цилиндров с минимальным количеством точек = 8.

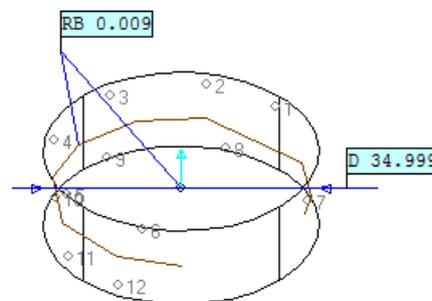
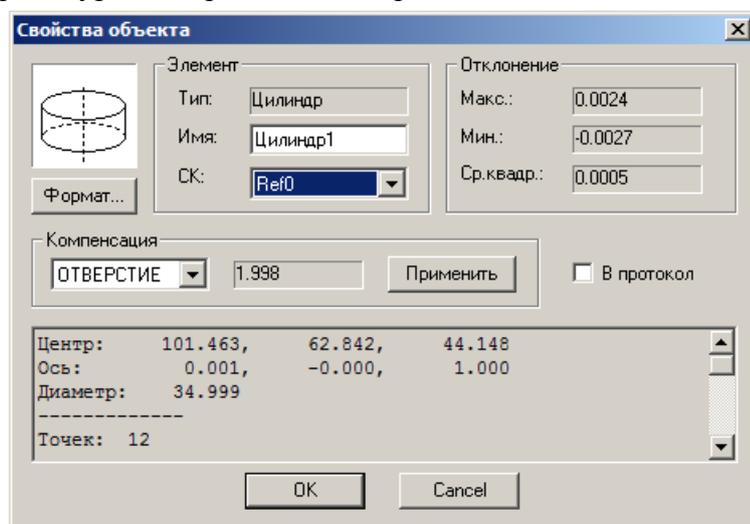


Рисунок 2 – Измерение диаметра и его непостоянства

Контроль непостоянства диаметров цилиндрических поверхностей, т.е. радиальных биений (разностей наибольшего и наименьшего расстояния от точек реального профиля поверхности до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси [8]) осуществляется с помощью стандартной процедуры, предполагающей измерения полигона минимум по 10 точкам по сечению цилиндра плоскостью (рисунок 2);

Контроль ширины колец осуществляется с помощью стандартной процедуры измерения расстояния между плоскостями, измеренными минимум по 4 точкам.

Контроль непостоянства ширины колец, т.е. их торцевые биения (разности наибольшего и наименьшего расстояния от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси [8]), осуществляется с помощью процедуры, аналогичной процедуре измерения радиального биения (рисунок 3).

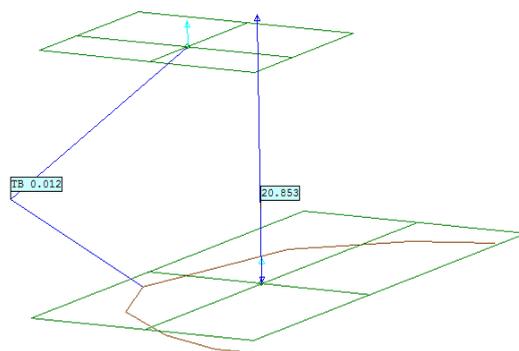


Рисунок 3 – Измерение непостоянства ширины кольца

Неперпендикулярность торца кольца относительно цилиндрической поверхности – это разность между наибольшим и наименьшим расстояниями в осевом направлении от базового торца до радиальной плоскости, перпендикулярной к оси кольца, на расстоянии от оси в радиальном направлении, равном половине среднего диаметра цилиндра [3].

Контроль параметров колец шариковых подшипников, связанных с дорожкой качения осуществляется с помощью модуля измерения торцовых поверхностей. Дорожка качения кольца шарикового подшипника представляет собой тор, с сектором образующей около 90°, и ее измерение является плохо обусловленной задачей [1]. Для ее решения был применен метод регуляризации Тихонова, в основу которого входит использование информации о номинальном размере детали [2]. Благодаря такому подходу стало возможным измерять такие геометрические параметры колец подшипников, как радиус беговых дорожек, диаметр, непараллельность и разностенность дорожек качения. Метод контроля предполагает построение тора по 4-м сечениям и точкам, взятым в области контакта с шариками по периметру дорожки (рисунок 4).

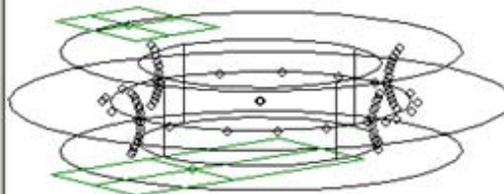
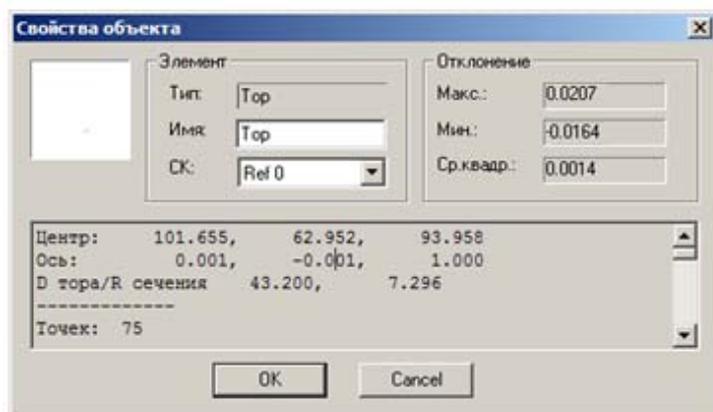


Рисунок 4 – Измерение дорожки качения кольца шарикового подшипника

Контроль разностенности дорожки качения осуществляется с помощью измерения расстояния между центрами цилиндрической и торовой поверхностей.

Непараллельность дорожки качения кольца - это разность между наибольшим и наименьшим расстояниями в осевом направлении от середины дорожки качения внутреннего кольца до плоскости, касательной к базовому торцу [3]. Контроль осуществляется с помощью процедуры измерения параллельности плоскости и тора.

Контроль непостоянства диаметра дорожки качения осуществляется с помощью диаграммы, построенной по отклонениям от торовой поверхности точек, взятых по периметру дорожки качения в зоне контакта с шариками (рисунок 5).

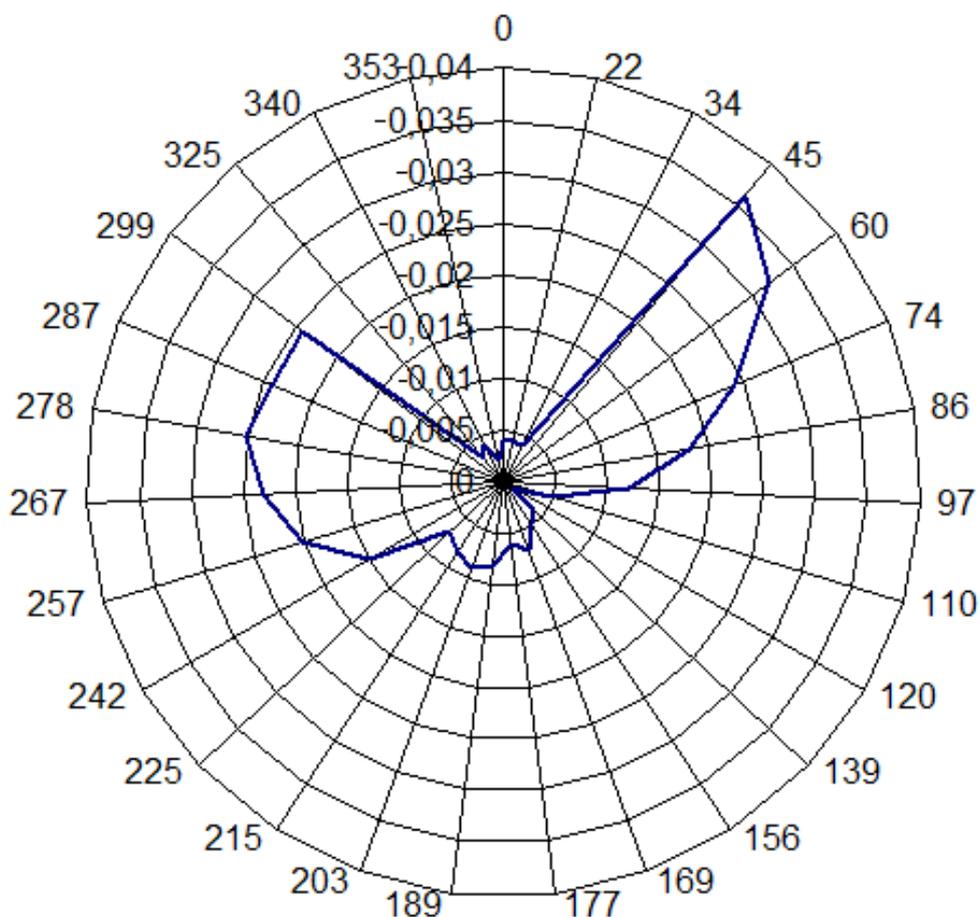


Рисунок 5 – Диаграмма отклонений

Методика апробирована измерениями конкретных колец шариковых подшипников на координатно-измерительной машине DKM 1-300DP, имеющей погрешность $\pm(3+L/300)$ мкм, где L – измеряемая длина в мм. Результаты измерений внутреннего и наружного колец подшипника №80307 приведены в таблицах 1 и 2.

Из данных таблиц 1 и 2 следует несоответствие чертежу внутреннего кольца по величине наружного диаметра, непостоянству диаметра дорожки качения, ширине и непостоянству ширины кольца. У наружного кольца только один параметр выходит из допуска – это непостоянство диаметра дорожки качения.

Проведенные эксперименты показали возможность проведения комплексного досборочного геометрического контроля колец шариковых подшипников на координатно-измерительных машинах без использования специализированных измерительных приборов. Последние необходимы лишь для измерения микрогеометрических параметров, таких как шероховатость и гармоники формы.

Результаты измерений внутреннего кольца подшипника

Параметр	Номинальное значение, мм	Допуск, мм	Измеренное значение, мм	Отклонение от ном. знач., мм
Диаметр отверстия	35	-0,12	34,999	-0,001
Непостоянство диаметра отверстия	-	0,009	0,009	-
Наружный диаметр	48,5	-0,05	48,4	-0,1
Ширина кольца	21	-0,12	20,853	-0,147
Непостоянство ширины кольца	-	0,012	0,013	-
Радиус беговой дорожки	7,29	+0,08	7,296	+0,006
Диаметр дорожки качения	43,212	$\pm 0,025$	43,2	-0,012
Непостоянство диаметра дорожки качения	-	0,009	0,016	-

Таблица 2

Результаты измерений наружного кольца подшипника

Параметр	Номинальное значение, мм	Допуск, мм	Измеренное значение, мм	Отклонение от ном. знач., мм
Наружный диаметр	80	-0,13	79,991	-0,009
Непостоянство наружного диаметра	-	0,010	0,005	-
Диаметр отверстия	66,1	+0,4	66,265	0,165
Ширина кольца	21	-0,12	20,939	-0,061
Непостоянство ширины кольца	-	0,02	0,015	-
Радиус беговой дорожки	7,57	+0,08	7,567	-0,003
Диаметр дорожки качения	71,788	$\pm 0,025$	71,776	-0,012
Непостоянство диаметра дорожки качения	-	0,010	0,035	-

Литература

1. Суслин В.П., Джунковский А.В, Холодов Д.А. Плохо обусловленные задачи в геометрических измерениях торовых поверхностей // Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ «МАМИ», № 1(9), 2010, с.162-166.
2. Суслин В.П., Джунковский А.В., Макаров А.И., Холодов Д.А. Новый метод контроля геометрических параметров колец шарикоподшипников // Автомобильная промышленность. № 11, 2010.
3. ГОСТ 520-2002. Подшипники качения. Общие технические условия.
4. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. Подшипники качения. М., 2003г. - 576с.
5. Интернет портал Всероссийского НИИ подшипниковой промышленности /<http://www.vnipp.ru/oborud.php/>

6. Интернет портал завода приборных подшипников «ОК-ЛОЗА»
/http://www.okloza.ru/about.shtml
7. Спришевский А.И. Подшипники качения. М., 1969г. - 632с.
8. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.

Автоматическая оценка состояния режущего инструмента на многоцелевых станках

д.т.н. проф. Тимирязев В.А., к.т.н. проф. Хостикоев М.З.
МГТУ «СТАНКИН», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
(499) 972-94-49

Аннотация. Рассмотрены вопросы оценки работоспособности режущего инструмента, применяемого на многоцелевых станках. Применение таких систем позволяет своевременно осуществить автоматическую замену режущего инструмента, обеспечивая реализацию автоматического цикла работы станка.

Ключевые слова: стойкость, работоспособность, инструмент, система

Эффективное использование многоцелевых станков, обеспечивающих реализацию безлюдной технологии, требует решения задач, связанных с автоматическим определением состояния режущего инструмента, необходимости коррекции его положения или замены. Обработка заготовок корпусных деталей средних размеров на многоцелевых станках предусматривает от 5 до 15 различных режущих инструментов (фрез, сверл, зенкеров, расточных резцов, метчиков). Одним из параметров оценки состояния режущего инструмента, является продолжительность его работы на станке начиная с момента его установки. Это время рассчитывают:

$$\tau_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i ,$$

где τ_i – время резания при выполнении инструментом определенного перехода;

n – число выполненных переходов к рассматриваемому моменту времени.

Учет продолжительности работы каждого инструмента основан на использовании ЭВМ и программных методов получения и оценки технологической информации. Управляющую программу станка с ЧПУ транслируют через ЭВМ, в которой происходит считывание текста по каждому из кадров программы и получение необходимых исходных данных для выполнения последующих расчетных процедур. В процессе просмотра программы компьютер определяет вид и количество i используемого инструмента $i = 1, 2, \dots, i$, а также многократность j его применения за один цикл обработки $j = 1, 2, \dots, j$.

Одновременно выявляются режимы резания: подача S_i и частота вращения шпинделя n_i , заданные в программе станка для каждого инструмента: $S_1, n_1 ; S_2, n_2 ; \dots S_i, n_i$.

Путем выявления координат, соответствующих началу x_n, y_n, z_n и концу x_k, y_k, z_k перемещения инструмента на рабочей подаче S_i , компьютер находит длину резания L_i для каждого инструмента: L_1, L_2, \dots, L_i , по каждой из задаваемых координат: $L_{Xi} = X_{ki} - X_{ni}$; $L_{Yi} = Y_{ki} - Y_{ni}$; $L_{Zi} = Z_{ki} - Z_{ni}$.

В результате в ЭВМ формируется массив данных о номенклатуре применяемого инструмента, режимах обработки и длине резания на каждом рабочем ходе, выполняемом соответствующим инструментом. При необходимости полученный массив данных выводится на экран монитора или выводится в виде распечатки.

На основе полученных данных ЭВМ вычисляет продолжительность резания при после-