

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЧЕТЫРЕХТОЧЕЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Сафаров Д.Т., Кондратов А.Г., Хафизов И.И.
НЧИ К(П)ФУ, 423812 г. Набережные Челны пр. Мира 68/19

В статье теоретические основы методики четырехточечных измерений сферических поверхностей детали позволяющей повысить эффективность контроля сферических конструктивных элементов шаровых наконечников различных типоразмеров. По сравнению с методом измерения на координатно-измерительной машине, разработанная методика может применяться на рабочих местах формообразования сферических элементов. Методика обеспечивает оперативность измерений и повышается эффективность проведения поднастроек режущего инструмента.

In article theoretical bases of a technique of four-point measurements of spherical surfaces of a detail allowing to increase efficiency of control of spherical constructive elements of ball tips of various standard sizes. In comparison with the method of measurement on the coordinate measuring machine, the developed technique can be used in the workplace forming spherical elements. The technique ensures the efficiency of measurements and increases the efficiency of the cutting tool adjustments.

Ключевые слова: сферическая поверхность, шаровой палец, контроль, измерение, шаровой наконечник, поднастройка инструмента.

К ответственным узлам автомобиля с точки зрения безопасности его эксплуатации при движении относится тяги. Тяги являются обязательным элементом, системы рулевого управления, также они могут включаться в подвеску автомобиля. От их технического состояния зависит поведение автомобиля при маневрировании и выполнении поворотов. Они обеспечивают передачу усилий и заданные законы перемещений между различными соединительными рычагами. Основным элементом, позволяющим этому классу деталей выполнять функцию назначения являются сферические сопряжения. Конструктивно они выполняются в виде сферической опоры и сферического пальца.

Одним из важнейших ключевых характеристик сферического пальца является диаметральный размер сферы. От величины этого показателя зависит правильность и долговечность работы шарового сопряжения. Параметры сферической поверхности этих деталей в настоящее время как правило измеряются на координатно-измерительных машинах. Измерения на координатной машине отличаются высокой точностью, но низкой оперативностью и высокой трудоемкостью.

На рабочих местах вместо измерений на КИМ измерение радиуса сферической поверхности двухточечным методом (микрометром) как правило эти значения отличаются от значений диаметра сферической поверхности, измеренной координатным способом, поскольку появляется погрешность, связанная с положением измерительных наконечников прибора во время

проведения двухточечных измерений. Отличие может составлять до 0,02 мм от действительной величины размера сферической поверхности. При общепринятых допусках на сферические поверхности в 0,05 мм эта величина может составлять до 1/3 от поля допуска. Применение двухточечного метода вместо измерения диаметрального размера сферической поверхности может ставить в зависимость от квалификации контролера или наладчика процесс своевременного внесения поправок в программу токарного станка с ЧПУ и потенциально может приводить к появлениям несоответствующей продукции по диаметральному размеру сферической поверхности, появлению чрезмерного зазора в сопряжении и как следствие повышенному износу в целом сопряжения.

В настоящее время радиус сферической поверхности шарового пальца и координаты положения его центра на предприятии измеряется только в лаборатории на координатно-измерительной машине IOTA 2204 (рисунок 1 б).

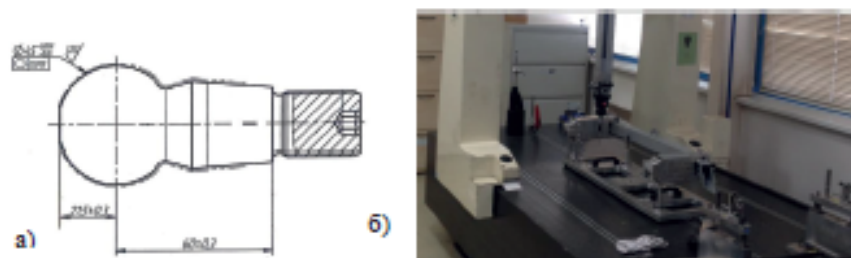


Рис. 1 а) ключевые показатели шарового пальца, влияющие на выполнение функции служебного назначения, б) контрольно-измерительная машина IOTA 2204 в процессе измерения.

Это достаточно сложная и трудоемкая процедура. Согласно внутренним нормативным документам предприятия измерению подвергаются 1-2 детали из 100 изготовленных. Вследствие этого оперативная оценка значений для управления этими показателями в технологическом процессе невозможна.

Была поставлена задача, повысить производительность замеров этих показателей, с организацией измерений вблизи рабочих мест формообразования сферической поверхности. Решить эту задачу можно применив четырехточечный метод измерения координат сферической поверхности. Поскольку для нахождения диаметрального размера сферы, необходимо знать координаты положения любых четырех точек, лежащих на сфере. Для получения такой информации необходимо применить следующую схему измерений: палец устанавливается на специальную опору до контакта с четырьмя регистрирующими устройствами (индикаторами), регистрирующими значение размера по координате Z с заранее известными координатами положения измерительных наконечников по оси X и Y ($X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4$) – рисунок 2. Полученные в процессе измерения значения координат по оси Z – (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) необходимо подставить в систему четырех уравнений с четырьмя неизвестными параметрами сферической поверхности (1).

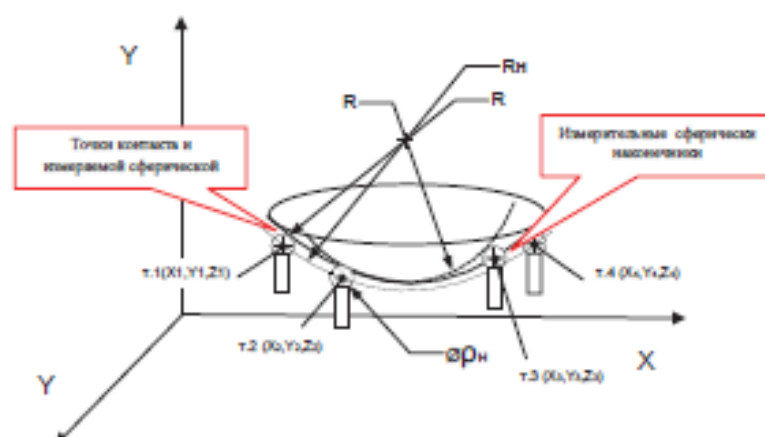


Рис. 2 Схема четырехточечных измерений радиуса и координат положения ее центра.

При этом система уравнений будет имеет одно решение, в виде координат положения X_0, Y_0, Z_0, R_H , центра сферического элемента наконечника измерительного индикатора и радиуса сферической поверхности, касательной в точках измерения.

$$\begin{cases} (X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2 + (Z_1 - Z_0)^2 = R_H^2 \\ (X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + (Z_2 - Z_0)^2 = R_H^2 \\ (X_3 - X_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2 + (Z_3 - Z_0)^2 = R_H^2 \\ (X_4 - X_0)^2 + (Y_4 - Y_0)^2 + (Z_4 - Z_0)^2 = R_H^2 \end{cases} \quad (1)$$

Найденные значения координат центра сферы измерительных наконечников X_0, Y_0, Z_0 являются искомыми координатами центра измеряемой сферической поверхности шарового пальца X, Y, Z .

Чтобы найти значение радиуса шаровой поверхности R , необходимо из найденного радиуса R_H вычесть значение известного диаметра сферического наконечника ρ_H (2).

$$R = R_H - \rho_H \quad (2)$$

Для пользования методикой необходима автоматизация расчетов по поиску решений системы уравнений. Наиболее простым методом поиска решения системы уравнений является задействование встроенной в надстройки «Поиск решений решений» в стандартном пакете Excel. Для проверки методики вышеречисленные формулы уравнений были внесены в ячейки программы. Действительные значения координат получены путем проведения измерений сферической поверхности известного диаметрального размера. Измерения выполнялись при установке детали в универсальных глобусных тисках

однокоординатным высотомером фирмы Mahr Digimahr 817 L подобно методике нахождения диаметрального размера в работах [1, 2]

Измеренные значения показателей выделены красным цветом в таблице 1.

Основное условия для успешного решения уравнения – координаты всех четырех точек не должны лежать в одной плоскости (это условие необходимо учитывать при изготовлении корпуса специального измерительного приспособления). После чего было найдено решение системы уравнений.

Таблица результатов решения системы уравнений надстройкой «Поиск решений» пакета Excel

Таблица 1

Условные обозначения	Диаметр измерительного наконечника, мм.			
	Данные измерений			
№ точки	1	2	3	4
x_i	-10,000	9,000	10,000	-9,000
y_i	10,000	9,000	-10,000	-9,000
z_i	10,001	9,000	10,003	9,002
	Результаты решения уравнения – координаты радиуса измеряемой сферы, мм			
x_0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
y_0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
z_0	28,500000	28,500000	28,500000	28,500000
R_n	23,286262	23,286262	23,286262	23,286262
	Квадрат радиуса сферы по центра наконечников			
R_n^2	542,25	542,25	542,25	542,25
	Точность подбора корней уравнения, мм			
Разница	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	Радиус измеряемой сферы, мм			
R	20,286262			

Найденные значения радиуса сферы и координат положения ее центров совпали с их теоретическими значениями.

Таким образом, установлено, что разработанная методика четырехточечных измерений пригодна для нахождения характеристик точности сферической поверхности при условии разработки специального измерительного приспособления, например с применением индуктивных датчиков линейных перемещений и аппаратуры обработки данных измерений.

Литература:

1. Кондрашов А.Г., Сафаров Д.Т., Касьянов С.В. Диагностические измерения геометрических параметров пространственно-сложных деталей автокомпонентов однокоординатным высотомером // Контроль. Диагностика. № 8 2013 г. с. 60-64