

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИУСОВ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Потылицына А.И., Щемелев А.А.,
научный руководитель канд. техн. наук Секацкий В.С.
Сибирский федеральный университет

Измерение радиуса кривизны, особенно незамкнутых поверхностей, вызывает ряд трудностей, обусловленных конструктивными или иными признаками. Так, радиус внутренней цилиндрической поверхности можно определить как половину ее диаметра, измеренного двухконтактным средством измерения, то для измерения радиуса параболической антенны или радиуса профиля лопасти винта теплохода, от которых зависят их функциональные параметры, измерить сложно, а иногда, с установленной погрешностью, и невозможно.

В данной работе приводится классификация методов и средств измерений радиусов криволинейных поверхностей, которая позволит обоснованно подойти к выбору необходимых средств измерений, либо для создания новых.

В общем случае методы и средства измерений можно классифицировать по различным признакам: принципу действия, области применения, характеру систем, выполняющих основную функцию прибора и т.д.

В качестве главного признака может быть принято физическое явление или свойство, положенное в основу принципа действия того или иного метода или средства. Предложено применить следующую классификацию:

- геометрические методы и средства;
- оптические методы и средства;
- механические методы и средства.

Геометрические методы и средства измерений. Один из самых распространённых геометрических средств измерений радиусов кривизны поверхностей являются радиусные шаблоны (рис.1). Радиусный шаблон применяется для измерения выпуклых и вогнутых поверхностей деталей.

Часто в технических требованиях рабочих чертежах деталей можно встретить надпись «острые кромки притупить радиусом ... мм», «выдержать радиус равным ...» или «выполнить радиус R_1 , равным ... мм». Для измерения данных радиусов и применяется радиусный шаблон. Радиусный шаблон используется в основном для серийного производства деталей.



Рис. 1. Радиусные шаблоны

Радиусные шаблоны изготавливают в нескольких исполнениях, для каждого радиусного шаблона есть свой номер. На каждом из шаблонов нанесен размер радиуса.

При измерении радиусным шаблоном не должно быть просветов между шаблоном и прилегающей к нему поверхности. Просвет может быть только в том случае, когда задается допуск на радиус, например: $R_1 \pm 0,2\text{мм}$.

Также существует устройство для измерения радиуса кривизны детали по дуге и центральному углу [1]. Данное устройство используется для измерения и контроля радиусов кривизны крупногабаритных цилиндрических, конических и сферических конструкций в судостроении и в других областях техники. Устройство (рис.2) позволяет измерять как наружные, так и внутренние радиусы кривизны.

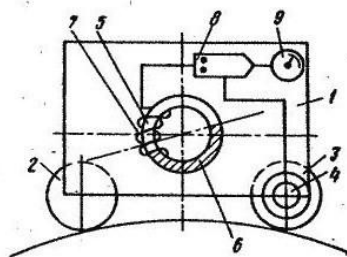


Рис. 2. Устройство для измерения радиуса кривизны детали по дуге и центральному углу

Устройство устанавливается на измеряемую деталь и обкатывается по линии разметки, например, по линии кругового сечения цилиндра, конуса или по обрезкам меридиана сферической поверхности. При движении каретки 1 по криволинейной поверхности измерительный ролик 3 вращается. Длина дуги l пройденного пути определяется по формуле

$$l = 2\pi n r,$$

где n - число оборотов измерительного ролика (об);

r - радиус измерительного ролика (м).

Угол поворота измерительного ролика 3 преобразуется в электрический сигнал, который подается на блок 8 деления. Одновременно при движении устройства преобразователь поворота каретки измеряет угол, соответствующий дуге криволинейной поверхности, по которой прошла каретка, за счет изменения уровня жидкости 6 в тороидальной трубке 5 относительно начального положения, на первый вход блока 8 деления, в котором вычисляется радиус R криволинейной поверхности согласно формуле

$$R = \frac{l}{\alpha},$$

где α - центральный угол равный углу поворота каретки вокруг своей оси.

Сигнал с блока 8 деления поступает на регистратор 9. Самописец отградуирован в линейных размерах и дает непосредственное значение радиуса кривизны измеряемой поверхности в каждой точке.

Недостаток этого устройства заключается в том, что для измерения необходимо вращать измеряемую деталь, что невозможно для крупногабаритных конструкций.

При измерении радиуса кривизны астрономических зеркал, линз объективов и вообще любых больших сферических поверхностей используется устройство для измерения радиусов кривизны больших поверхностей.

Данное устройство построено по принципу, заключающемуся в применении эталона постоянной толщины в виде шариков, причем отсчеты длин производятся по шкале пониженной точности.

Устройство для измерения радиусов кривизны больших поверхностей [2] (рис.3) состоит из снабженной делениями линейки 1 из прозрачного материала (стекла) и одного или двух шариков 2 и 2'. На нижней поверхности линейки 1 выфрезерован желобок 3 для прохождения нити 4, с помощью которой по измеряемой поверхности подтягивается шарик 2 до соприкосновения с линейкой 1.

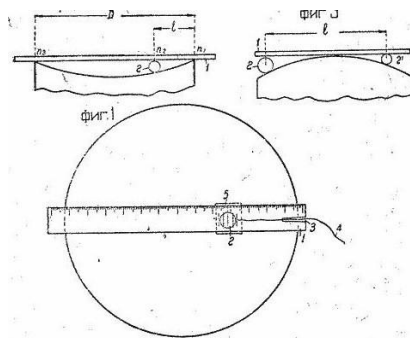


Рис. 3. Устройство для измерения радиусов кривизны больших поверхностей

Для отсчетов и установки на центр шарика предусмотрен хомутик 5, снабженный любыми штрихами и нониусом на зеркальном стекле, которое, кроме того, может быть частично засеребрено снизу для наблюдения зеркального отражения штриха. К каждому устройству желательно иметь набор из нескольких шариков 2.

Преимущество данного устройство в том, что оно достаточно просто в использовании и имеет невысокую цену. Но, используя данное устройство, мы сталкиваемся с пониженной точностью измерений.

Оптические методы и средства. Самым известным оптическим средством измерения является сферометр [3]. Сферометрами называются приборы для измерения радиусов кривизны пар пробных стекол, а также радиусов кривизны выпуклых и вогнутых сферических поверхностей на основе контактного измерения высоты шарового сегмента сферической поверхности.

Наибольшее распространение в практике измерительных лабораторий получили сферометры ИЗС-7 и ИЗС-8. Основными частями сферометра являются корпус, внутри которого расположен подвижный измерительный стержень с миллиметровой шкалой, отсчетный микроскоп со спиральным окулярным микрометром, сменные измерительные кольца, осветитель.

Сферометр ИЗС-8 снабжен набором сменных опорных колец, содержащим четыре кольца с разными диаметрами. Каждое кольцо снабжено тремя опорными стальными шариками, которыми сферометр устанавливают на измерительную поверхность. Шарики расположены относительно друг друга под углом 120°. Кольцо надевают на посадочную поверхность, расположенную в нижней части корпуса сферометра.

При работе с ИЗС-8 расчет радиусов кривизны сферических поверхностей (R) производится с учетом радиуса измерительного кольца (r) и радиуса шариков ρ (рис. 4) по формуле

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h} \pm \rho,$$

где h - высота шарового сегмента (стрелка прогиба), мм.

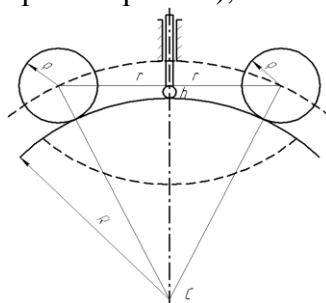


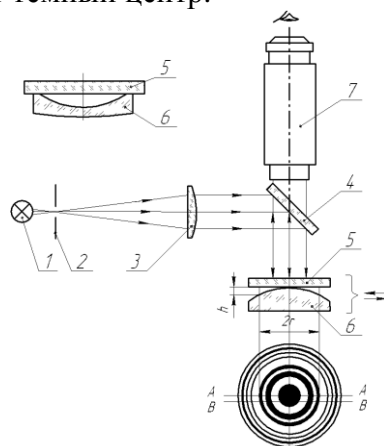
Рис. 4. Схема работы сферометра

Для вогнутой поверхности величину ρ берут со знаком "+", а для выпуклой - "-".

Следующий метод- метод колец Ньютона [3] позволяет измерить стрелку прогиба сферической поверхности с точностью до 0,03 мкм. Он имеет преимущество перед сферометром в тех случаях, когда радиус кривизны поверхности очень велик.

Для выполнения измерений наиболее удобен микроскоп типа УИМ-21 (рис. 5) с осветительным приспособлением, состоящим из монохроматического источника света 1 (например, натриевая лампа ДНаС-18), диафрагмы 2, линзы 3 и полупрозрачной пластинки 4.

Для получения колец Ньютона на контролируемую линзу б накладывают пластинку 5. Кольца наблюдаются с помощью микроскопа 7 в воздушном слое вокруг точки контакта. Вид поля зрения показан в нижней части рис. 5. Система интерференционных колец имеет темный центр.



Рису. 5. Устройство микроскопа типа УИМ-21

На практике измерения диаметров колец начинают с 4 - 6-го кольца, а для вычисления R используют формулу

$$R = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4\lambda(m_2 - m_1)}$$

где D_2 и D_1 - диаметры колец соответственно с номерами m_1 и m_2 .

Из формулы следует, что собственные номера колец m_1 и m_2 могут оставаться неизвестными. Для вычисления радиуса R необходимо знать лишь число измеренных колец, т.е. разность $m_2 - m_1$.

Механические методы и средства. К механическим методам и средствам измерений относится метод катающегося шарика или ролика. Радиус кривизны R гладкой сферической поверхности можно определить, измерив период колебания T шарика, катающегося по этой поверхности.

Известен также способ измерения радиусов отверстий с использованием аттестованных валиков [4], при котором о величине отверстия судят по величине двух или нескольких валиков, устанавливаемых поочередно в контролируемое отверстие. Величину измеряемого радиуса определяют по собственной частоте качания валика по поверхности отверстия.

Литература

1. Патент №926525 СССР. Устройство для измерения радиуса кривизны детали по дуге и центральному углу / В.А. Новохацкий, О.Н. Петриков// 1982. – № 17.
2. Патент №34190 СССР. Устройство для измерения радиусов кривизны больших поверхностей / Д.Д. Максимова// 1932.
3. В.К. Кирилловский. Оптические измерения.-М.:Машиностроение.- 2004.- 37с.
4. Патент №606093 СССР. Способ измерения радиуса отверстия / Р.И.Кутчер, В.С.Секацкий// 1978. – № 17.