

нение выделений фаз. Определены зависимости, d_{Sn} и S_{Sn} от концентрации свинца. С увеличением концентрации свинца объемная доля олова V_{Sn} и средняя длина хорд на сечениях олова d_{Sn} возрастают, а удельная поверхности межфазной границы олова с другими фазами S_{Sn} убывает.

1. Петрунин Е.И. Справочник по пайке. М: Машиностроение, 2003. – 480 с.

2. Глазков А.А., Саксаганский Г.А. Вакуум электрофизических установок и комплексов. М: Энергоатомиздат. 1985. –184 с.
3. Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы. Минск: БГУ, 2015. – 192 с.
4. Таран Ю.М., Мазур В.Н. Структура эвтектических сплавов. М: Металлургия, 1978. – 216 с.
5. Баум Б.А. Металлические жидкости. М: Наука, 1979. –120с

УДК 621.81

КИНЕМАТИКА ШАРИКА ПРИ КОНТРОЛЕ ЕГО ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Щетникович К.Г., Бодяк Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Контроль геометрических параметров шариков в подшипниковой промышленности осуществляется на приборах с ручным перемещением шарика на измерительной позиции и механическим вращением от приводного устройства [1]. В приборах модели 262М (рисунок 1) контролируемый шарик 1 базируется на трех точечных упорах: нижнем 2, боковом 3 и заднем 4.

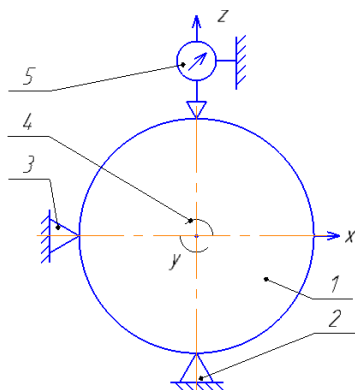


Рисунок 1 – Схема прибора модели 262М

На вертикальной оси нижнего упора расположен микрометр 5, наконечник которого касается шарика. Измерение диаметра производится в разных сечениях шарика при вращении его вручную относительно двух взаимно перпендикулярных осей x и y . Равномерность расположения точек контроля на сферической поверхности и усилие прижима шарика к упорам определяется квалификацией контролера.

В автоматизированных приборах шарик на измерительной позиции вращается вокруг горизонтальной и вертикальной осей под действием

ведущего обрезиненного валика, совершающего вращательное и поступательное движение. Однако, привод вращения шарика не позволяет получить его закономерное движение, которое давало бы возможность ощупывать измерительным наконечником сферическую поверхность с заданным смещением следов контакта. Необходимая кинематика шарика может быть достигнута при управляемом движении ведущего валика, согласованного с диаметром контролируемого шарика.

Наиболее просто равномерное нанесение следов контакта от измерительного наконечника достигается при дискретном вращении шарика вокруг оси x и z (рисунок 2). Вначале контролируемый шарик 1 совершает поворот на 360° вокруг оси x (рисунок 2, а). Приводной валик 2 должен при этом повернуться на угол φ , определяемый соотношением:

$$\varphi = \frac{2\pi D}{d(1 - \varepsilon)},$$

где D – диаметр шарика, d – диаметр валика, ε – коэффициент проскальзывания валика по шарiku.

После прекращения вращения шарика вокруг оси x он поворачивается вокруг оси z на заданный центральный угол α (рисунок 2, б). Приводной валик должен при этом переместиться вдоль горизонтальной оси на расстояние l , несколько превышающее длину дуги AB :

$$l = \frac{D\alpha}{2(1 - \varepsilon)}.$$

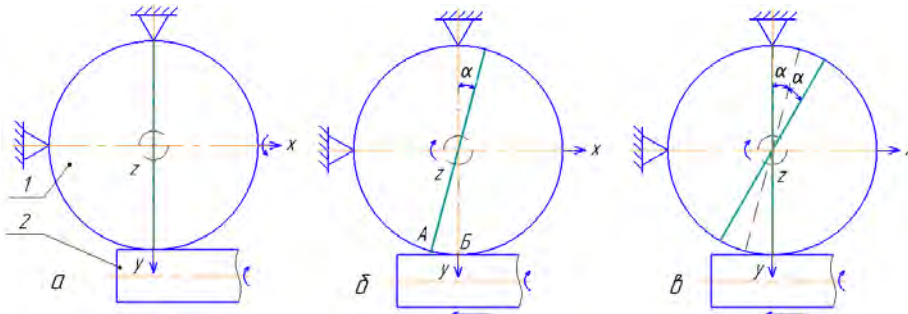


Рисунок 2 – Расположение следов контакта при дискретном вращении шарика

Затем вращательное и поступательное движения приводного валика повторяются и после каждого цикла перемещений на шарике от измерительного наконечника появляется новый меридианный след, смещенный относительно старого на угол α (рисунок 2, в). Общее число циклов n составит:

$$n = \frac{\pi}{\alpha} - 1.$$

Суммарный путь L поступательного перемещения приводного валика, определяющий его минимальную длину составит:

$$L = \frac{D\alpha}{2(1-\varepsilon)} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) \approx \frac{\pi D}{2(1-\varepsilon)}.$$

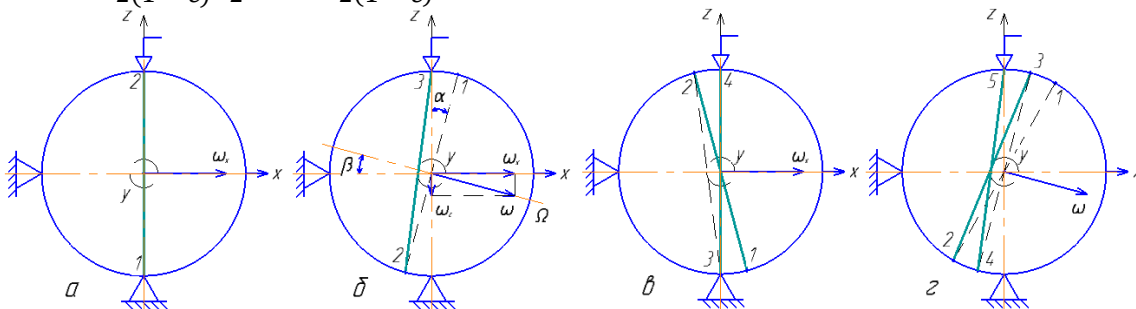


Рисунок 3 – След контакта от измерительного наконечника при непрерывном вращении шарика

Следующую половину оборота шарик совершает вокруг наклонной оси Ω (рисунок 3, б). Точка контакта с измерительным наконечником смещается в положение 2, а точка начального контакта в положение 1, диаметрально противоположное точке 2. Из рисунка 3, б видно, что угловое смещение следа за один цикл непрерывного вращения шарика измеряется центральным углом α , величина которого в два раза больше угла β наклона оси Ω к горизонтальной оси x .

При постоянной угловой скорости вращения шарика вокруг горизонтальной оси ω_x наклонное положение оси Ω обеспечивается дополнительным вращением шарика вокруг вертикальной оси z с угловой скоростью ω_z :

$$\omega_z = \omega_x \cdot \tan \beta = \omega_x \cdot \tan \frac{\alpha}{2}.$$

Модуль вектора результирующей угловой скорости ω определяется из векторного треугольника:

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_z^2} = \frac{\omega_x}{\cos \beta}.$$

Дискретное движение шарика с остановками замедляет измерительный процесс, поэтому в ряде случаев предпочтительнее непрерывное вращение контролируемого шарика. Один из возможных вариантов кинематики шарика в этом случае представлен на рисунке 3 (приводной валик, расположенный перед шариком, не показан). Вначале шарик поворачивается на угол 180° вокруг горизонтальной оси x и точка начального контакта с измерительным наконечником перемещается по меридиану в крайнее нижнее положение 1 (рисунок 3, а).

Время t_1 вращения шарика вокруг горизонтальной оси составит:

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega_x},$$

а время t_2 вращения вокруг оси ω будет несколько меньшим:

$$t_2 = \frac{\pi}{\omega}.$$

Суммирование времен t_1 и t_2 определит время T одного цикла движения шарика:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{\pi}{\omega_x} \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Число m циклов, достаточное для покрытия сеткой следов от контакта с измерительным наконечником всей сферической поверхности (рисунки 3, в, г) составит:

$$m = \frac{\pi}{\alpha} - 1.$$

Для реализации указанной кинематики шарика приводной валик должен вращаться с угловой скоростью ω_b определяемой выражением:

$$\omega_{\text{в}} = \omega_x \frac{D}{d(1 - \varepsilon)}.$$

Периодически, через время t_1 , приводной валик в течение времени t_2 совершает поступательное движение вдоль оси с линейной скоростью V , определяемой зависимостью

$$V = \frac{\omega_z D}{2(1 - \varepsilon)}.$$

Перемещение валика за время t_2 составит:

$$l = V \cdot t_2 = \frac{\pi D}{2(1 - \varepsilon)} \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Общее расстояние, на которое переместится валик при малом угле α , будет равно:

$$L = ml \approx \frac{\pi^2 D}{2\alpha(1 - \varepsilon)} \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Дискретное движение шарика может быть использовано при стационарных измерениях геометрических параметров шарика в заранее определенных сечениях. Непрерывное вращение шарика применяется при постоянной регистрации его геометрических характеристик с заданным угловым смещением контролируемых точек. Требуемая кинематика обрезаемого валика обеспечивается регулируемым электроприводом, сопряженным с ЭВМ.

1. Ящерицин, П.И. Современные методы и средства контроля качества деталей / П.И. Ящерицын, Л.А. Олендер, Э.Л. Нехамкин. – Минск: Беларусь, 1975. – 200 с.