

**ТРАЕКТОРИЯ ВРАЩЕНИЯ ЗАГОТОВКИ  
С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ЦЕНТРОВЫХ ОТВЕРСТИЙ**

© 2020 В.А. Прилуцкий

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 12.05.2020

Предлагается метод расчета траектории заготовки при вращении в центрах с учетом огранки базовых отверстий.

Ключевые слова: заготовка, вращение, траектория, базовые отверстия, огранка.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-107-110

Способ установки заготовки на центра является наиболее распространенным и наименее изученным. Он может реализовываться в двух вариантах:

1) заготовка относительно центра не вращается; 2) вращается.

Экспериментальные данные [1,2,3] показывают, что при изготовлении технологических баз центровых отверстий сверлением центровочными сверлами образуется огранка с числом волн, равным числу лезвий инструмента - сверла или более его на единицу. При растачивании таких отверстий есть вероятность образования волн на поверхности базирующего конуса.

Усугубляет это явление ослабление осевого прижима, действие сил резания, прогиб заготовки, зазор в коническом соединении базового отверстия и центра.

В предположении, что радиус кривизны поверхности волнистой базы во всех точках касания с центром больше радиуса центра, траектория оси заготовки эквидистантна к кривой профиля базовой поверхности. Если же это условие не соблюдается, то траектория будет отлична от эквидистанты.

Координаты эквидистантного контура для произвольных кривых F(x,y) второго порядка рассчитывают по формулам

$$x_{mp} = x \pm r \frac{\partial F}{\partial x} / \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2} = r \cos\left(\arctg \frac{\partial F}{\partial y} / \frac{\partial F}{\partial x}\right), \quad (1)$$

$$y_{mp} = y \pm r \frac{\partial F}{\partial y} / \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2} = r \sin\left(\arctg \frac{\partial F}{\partial y} / \frac{\partial F}{\partial x}\right),$$

где x, y – координаты профиля кривой базовой поверхности заготовка, r – радиус окружности центра в расчетном сечении,

$$\frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial F}{\partial y} - \text{частные производные.}$$

Прилуцкий Ванцетти Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты»

E-mail: parfennoff71@mail.ru

Уравнение волнистого профиля отверстия (кривая 1, рис.1) с синусоидальной волнистостью имеет вид в полярной системе координат

$$\rho = R_{cp} + A \sin \varphi, \quad (2)$$

где  $R_{cp}$  – радиус средней окружности профиля, A, n – амплитуда и число волн волнистого профиля, соответственно,

$\varphi$  – текущий полярный угол.

Как известно, полярные и прямоугольные координаты связаны между собой зависимостями

$$x^2 + y^2 = \rho^2, \quad \varphi = \arctg \frac{y}{x},$$

подставив которые в (2) получают выражение для F(x,y)

$$F(x, y) = R_{cp}^2 + 2R_{cp}A \sin\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] + A^2 \sin^2\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] - x^2 - y^2. \quad (3)$$

Находят частные производные

$$\frac{\partial F}{\partial y} = 2R_{cp}A \cos\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \frac{n}{1+y^2/x^2} \frac{1}{x} +$$

$$+ 2A^2 \sin\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \times$$

$$\times \cos\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \frac{n}{1+y^2/x^2} \frac{1}{x} - 2y,$$

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 2R_{cp}A \cos\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \frac{n}{1+y^2/x^2} \left(-\frac{y}{x^2}\right) +$$

$$+ 2A^2 \sin\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \times$$

$$\times \cos\left[n\left(\arctg \frac{y}{x}\right)\right] \frac{n}{1+y^2/x^2} \left(-\frac{y}{x^2}\right) - 2x,$$

которые после подстановки в (5) дают выраже-

ния для расчета кривой 3 – траектории движения оси заготовки в сечении контакта центров с ней. На рис. 1 радиус  $R_{кр}$  кривизны кривой 1 в крайней точке  $A_{BH}$  соответствующей дну впадины волны, больше радиуса  $R_{ц}$  центра, кривая 3 траектории представляет собой эквидистанту, в случае  $R_{в}n > R_{ц}$  кривая 3 траектории заготовки также является эквидистантой.

Ниже представлен вывод уравнения траектории движения оси заготовки при параболической волнистости поверхности базы, заданной в виде

$$\rho = R_{BH} + W_Z - a,$$

$$\text{где } a = \frac{4W_Z}{L'_B} b^2, \quad L'_B = \frac{2\pi(R_{BH} + W_Z)}{n}, \quad (4)$$

$$b = \frac{2\pi\varphi(R_{BH} + W_Z)}{360^\circ}.$$

Находят значение

$$a = 4W_Z n 2\pi (R_{BH} + W_Z) \left( \frac{\varphi}{360^\circ} \right)^2. \quad (5)$$

Производят необходимые подстановки и замены, дифференцируют

$$F(x, y) = (R_{BH} + W_Z)^2 -$$

$$- 2(R_{BH} + W_Z) 4W_Z n 2\pi (R_{BH} + W_Z) \left( \frac{\arctg \frac{y}{x}}{360^\circ} \right)^2 +$$

$$+ \left[ 4W_Z n 2\pi (R_{BH} + W_Z) \left( \frac{\arctg \frac{y}{x}}{360^\circ} \right)^2 \right]^2 - x^2 - y^2,$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial y} &= -2(R_{BH} + W_Z)^2 4W_Z n 2\pi \frac{2}{(360^\circ)^2} \frac{1}{1+y^2/x^2} \frac{1}{x} \arctg \frac{y}{x} + \\ &[4W_Z n 2\pi (R_{BH} + W_Z)]^2 \frac{4}{(360^\circ)^2} \frac{1}{1+y^2/x^2} \frac{1}{x} \left( \arctg \frac{y}{x} \right)^2 - 2y, \\ \frac{\partial F}{\partial x} &= -2(R_{BH} + W_Z)^2 4W_Z n 2\pi \frac{2}{(360^\circ)^2} \frac{1}{1+y^2/x^2} \left( -\frac{y}{x^2} \right) \arctg \frac{y}{x} + \\ &[4W_Z n 2\pi (R_{BH} + W_Z)]^2 \frac{4}{(360^\circ)^2} \frac{1}{1+y^2/x^2} \left( -\frac{y}{x^2} \right) \left( \arctg \frac{y}{x} \right)^2 - 2x, \end{aligned} \right\} (6)$$

затем, после преобразований, получают выражения для расчета кривой 3 – траектории движения заготовки.

Для случая  $R_{BH} < R_{ц}$  для всех видов волнистости кривая 3 траектории движения перестает быть эквидистантой.

Задача в этом случае решается численно методом постепенного приближения, алгоритм которого предложен ниже.

1. Задаются предполагаемой точкой контакта А или В и величиной угла  $\varphi_A$ , либо  $\varphi_B$ ,

2. Определяют значение радиуса  $\rho$

$$\rho = R_{cp} + A \sin(n\varphi_A).$$

3. Находят тангенс угла наклона в т. А (в системе координат заготовки)

$$tg \varphi_A = \frac{d\rho}{d\varphi} = A n \cos n\varphi.$$

4. Определяют координату  $y_{3A}$  заготовки

$$y_{3A} = \rho \sin \varphi_A.$$

5. Определяют координату  $x_{3A}$  заготовки

$$x_{3A} = \rho \cos \varphi_A.$$

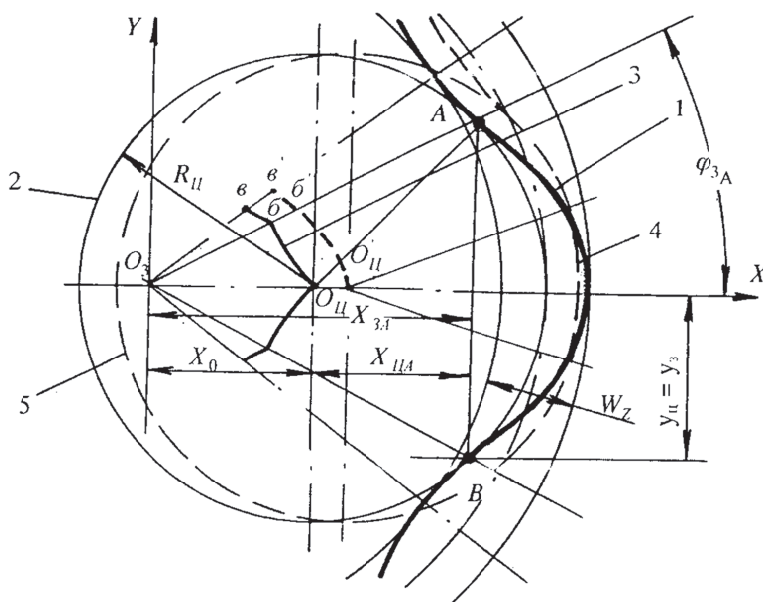


Рис. 1. Схема расчета траектории движения заготовки на центрах при синусоидальной волнистости базы



этом случае ось заготовки будет перемещаться по образующим двух конусов, вершинами обращенным друг к другу. Это в итоге приводит к образованию волнистости, различной по высоте волн в различных поперечных сечениях по длине заготовке. Максимальную высоту волн имеют сечения, расположенные у торцев заготовки.

Разработаны способы обеспечения высокой точности траектории вращения заготовки при установке ее на центра [7,8]. Они же обеспечивают и высокую надежность подвижного соединения «центр-центровое отверстие».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никитин В.Г.* Исследование условий шлифования деталей типа валов с долемикронной точностью формы: дисс. ... канд. техн. наук. М.: МВТУ. 1974.
2. *Прилуцкий В.А.* Технологические методы снижения волнистости поверхностей. – М.: Машино-
3. *Oiwa Takaaki, Kyusojn Akira.* Влияние формы профиля центра и центрального отверстия на погрешность базирования вала при круглом шлифовании // *Nihon Kikai Gakkai ronbunshu*. С. – Trans. Jap. Mech. Eng. С. – 1994. - 60, N573. - С. 1843-1848.
4. *Прилуцкий В.А.* Технологическое обеспечения точности и качества поверхностного слоя деталей машин путем управления периодическими погрешностями обработки: дисс. ... докт. техн. наук. Самара. 2004. - 340 с.
5. *Прилуцкий В.А.* Точность закрепления заготовки на опорах-штырях // *Станки и инструмент*. 1986. № 2. С. 30-32.
6. *Прилуцкий В.А.* Расчет точности базирования заготовки на оправке. *Станки и инструмент*. 1986, № 5.
7. Способ установки заготовки на центра и устройство. Пат.2168395. РФ. В23В 23/04. БИ16. 2001.
8. Способ установки оправки с заготовкой на центры и устройство. Пат.2203777.РФ. В23В 23/04. БИ13. 2003.

#### THE TRAJECTORY OF ROTATION OF PART BLANK TAKING INTO ACCOUNT ANISOTROPY OF CENTER HOLES

© 2020 V.A. Prilutsky

Samara State Technical University

The analysis method trajectory when the part blank rotates in the central points taking into account out-of-round of base hole is offered.

*Key words:* part blank, rotation, trajectory, base hole, out-of-round.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-107-110