

СИНТЕЗ СХЕМ ФОРМОБРАЗОВАНИЯ КРУГОВЫХ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗАНИЕМ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Под круговой винтовой поверхностью понимается поверхность S , которая вписана в цилиндр диаметром D (рис. 1), а ее поперечное сечение представляет окружность диаметром d , центр которой смещен на расстояние A относительно оси указанного цилиндра. Такие поверхности имеют, в частности, рабочие органы насосов, используемых в импортном технологическом оборудовании.

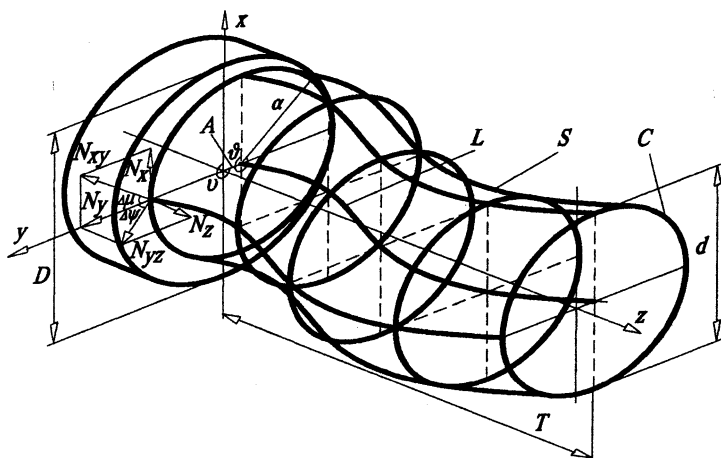


Рис. 1. Геометрия круговой винтовой поверхности

Из-за отсутствия технологии производства запасные части к этому оборудованию приобретаются за рубежом, что обуславливает актуальность создания способов механической обработки круговых винтовых поверхностей и соответствующего станочного оборудования. Решение этой проблемы связано с анализом геометрии таких поверхностей, синтезом схем их формообразования и кинематики станков, проектированием режущих инструментов, исследованием процессов обработки. Ниже рассмотрены некоторые аспекты этих задач.

В машиностроении чаще применяются прямые круговые винтовые поверхности, у которых поперечное сечение имеет форму окружности в плоскости, перпендикулярной оси данной поверхности. Если ось OZ координат совмещена с этой осью, то поверхность S описывается параметрическими уравнениями [1]:

$$\begin{cases} x = A \cos v + a \cos(\theta + v) \\ y = A \sin v + a \sin(\theta + v) \\ z = pv \end{cases}, \quad (1)$$

где a - радиус окружности в поперечном сечении; θ - угол поворота в поперечном сечении точки приложения нормали к винтовой поверхности; v - угол поворота поперечного сечения вокруг оси винтовой поверхности; A - расстояние от центра поперечного сечения до оси винтовой поверхности; $p = H / 2\pi$ - параметр винта; H - шаг винтовой поверхности.

Процесс формообразования поверхности при обработке резанием определяется сочетанием методов формообразования ее производящих линий – образующей и направляющей, в качестве которых могут быть применены различные принадлежащие поверхности линии [2]. Учитывая особенности геометрии круговой винтовой поверхности, за ее образующую целесообразно принять окружность C . Тогда формообразование данной поверхности можно представить как перемещение производящей окружности вдоль винтовой направляющей L (рис. 1).

Материальными носителями формы производящих линий могут быть кинематика станка и инструмент. Более универсальным является кинематический метод их образования различными сочетаниями вращательных (B) и поступательных (Π) движений. При обработке резанием образующую винтовой поверхности обычно формируют методами копирования или обката. Исходя из геометрии круговой винтовой поверхности более предпочтительно получение образующей методом следа. В этом случае она формируется точечным производящим элементом, которому для образования эксцентрично расположенной окружности C сообщается согласованное вращение B_1 и возвратно-поступательное (осциллирующее) движение O_2 (рис. 2).

При обработке круговой винтовой поверхности точечным движением B_1 сообщается заготовке 1 вокруг оси 3 (рис. 2), движение O_2 – резцу 2. Следовательно, производящая окружность C воспроизводится движением формообразования $\Phi_v (B_1 O_2)$. Необходимая для образования эксцентрично расположенной окружности связь движений B_1 и O_2 обеспечивается механической или мехатронной системой их согласования.

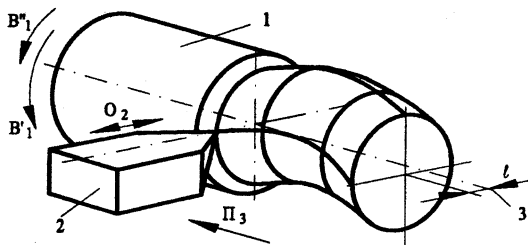


Рис. 2. Схема формообразования круговой винтовой поверхности

Вторая производящая линия – винтовая направляющая L также формируется методом следа исполнительным движением $\Phi_S(B_1^*P_3)$ при сообщении заготовке движения B_1^* , а резцу относительного перемещения P_3 вдоль оси заготовки. Оно функционально связано с движением B_1^* в соответствии с шагом винтовой поверхности с помощью цепи подачи станка.

Производящие линии C и L могут быть получены и другими кинематическими методами (касания, обката и комбинированными), возможные сочетания которых определяют множество методов формообразования круговых винтовых поверхностей резанием.

В рассматриваемой схеме результирующее вращение заготовки $B_1 = B_1' + B_1^*$ может быть получено математическим или физическим сложением элементарных движений B_1' и B_1^* , что определяет тип кинематической структуры станка – соответственно бездифференциальная или дифференциальная.

Переменная форма рассматриваемой поверхности обуславливает нестабильность рабочих углов режущей части инструмента, которая зависит от изменения положения нормали к формируемой поверхности. Вектор нормали \bar{N} к круговой винтовой поверхности задается выражением [1]:

$$\bar{N} = \bar{i}N_x + \bar{j}N_y + \bar{k}N_z, \quad (2)$$

где $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ – орты прямоугольных осей системы координат $Oxyz$; N_x, N_y, N_z – проекции вектора нормали \bar{N} к поверхности на оси координат:

$$\begin{cases} N_x = a[N_1 \cos \theta \cos \nu - N_2 \sin \theta \sin \nu] \\ N_y = a[N_1 \cos \theta \sin \nu + N_2 \sin \theta \cos \nu] \\ N_z = -a \sin \theta N_3 \end{cases} \quad (3)$$

Составляющие N_1, N_2, N_3 в системе (3) в общем случае определяются уравнениями [1]:

$$\begin{cases} \bar{N}_1 = p \sin \beta + \cos \beta (A + a \cos \theta) \\ \bar{N}_2 = p + a \cos \theta \sin \beta \cos \beta \\ \bar{N}_3 = A + a \cos \theta \cos^2 \beta \end{cases}, \quad (4)$$

где β - угол наклона плоскости производящей окружности C к оси винтовой поверхности.

Изменение рабочих переднего и заднего углов инструмента зависит от положения проекции \bar{N}_{xy} вектора нормали \bar{N} на плоскость XY (рис. 1), а угла в плане - проекции \bar{N}_{yz} этого вектора на плоскость YZ . Как следует из рис. 1, направление векторов \bar{N}_{xy} и \bar{N}_{yz} к круговой винтовой поверхности при движении по ней производящей точки изменяется на величину угла $\Delta\mu$ и $\Delta\psi$ соответственно:

$$\Delta\mu = \operatorname{arctg} \frac{N_x}{N_y}; \quad (5)$$

$$\Delta\psi = \operatorname{arctg} \frac{N_z}{N_y}. \quad (6)$$

Следовательно, в процессе обработки круговой винтовой поверхности передний γ и задний α углы реза изменяются на величину $\Delta\mu$, а его угол в плане φ - на величину $\Delta\psi$, что необходимо учитывать при проектировании режущего инструмента.

Значения N_x, N_y, N_z определяются с учетом (3) и (4)

$$\begin{cases} N_x = a[(p \sin \beta + \cos \beta (A + a \cos \theta)) \cos \theta \cos v - \\ \quad - (p + a \cos \theta \sin \beta \cos \beta) \sin \theta \sin v] \\ N_y = a[(p \sin \beta + \cos \beta (A + a \cos \theta)) \cos \theta \sin v + \\ \quad + (p + a \cos \theta \sin \beta \cos \beta) \sin \theta \cos v] \\ N_z = -a \sin \theta (A + a \cos \theta \cos^2 \beta) \end{cases} \quad (7)$$

Применительно к прямой круговой винтовой поверхности ($\beta = \pi/2$) имеем:

$$\begin{cases} N_x = ap(\cos \theta \cos v - \sin \theta \sin v) \\ N_y = ap(\cos \theta \sin v + \sin \theta \cos v) \\ N_z = -aA \sin \theta \end{cases} \quad (8)$$

Тогда

$$\Delta\mu = \operatorname{arctg} \frac{\cos\theta \cos\nu - \sin\theta \sin\nu}{\cos\theta \sin\nu + \sin\theta \cos\nu}; \quad (9)$$

$$\Delta\psi = \operatorname{arctg} \frac{-A \sin\theta}{p(\cos\theta \sin\nu + \sin\theta \cos\nu)}. \quad (10)$$

Зависимости (9) и (10) позволяют определить геометрию режущей части инструмента исходя из параметров заданной круговой винтовой поверхности. Результаты исследования положены в основу технологии обработки круговых винтовых поверхностей, по которой освоено производство роторов винтовых насосов для импортного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов. - М.: Машиностроение, 1968. - 372с. 2. Коновалов Е.Г. Основы новых способов металлообработки. Мн.: Изд. АН БССР, 1961. - 297с.

Рецензент – проф. Кочергин А. И.