

УДК 621.91.04

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НЕКРУГЛЫХ ВАЛОВ ЭКСЦЕНТРИЧНО УСТАНОВЛЕННЫМИ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ

д-р техн. наук, доц. В.А. ДАНИЛОВ, Ю.Ю. МАСАЛЬСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрена схема обработки профильных валов на универсальных зубошлицефрезерных станках методом касания инструментом с некруглой производящей поверхностью. Установлена геометрия формируемых моментопередающих кривых при обработке эксцентрично установленной дисковой фрезой, ось которой параллельна оси заготовки.

Введение. По сравнению со шпоночными и шлицевыми, профильные моментопередающие соединения имеют ряд эксплуатационных и технологических преимуществ. Они обладают большей выносливостью, обусловленной отсутствием концентраторов напряжений, меньшей шумностью при эксплуатации из-за явления самозаклинивания передачи под передаваемой нагрузкой, которое также уменьшает износ в соединении и радиальное биение механических передач. Обработка профильных соединений дешевле, чем шлицевых и осуществима множеством технологических методов, в том числе относящихся к упрочняющей технологии - выглаживанием, накатыванием, раскатыванием и др. В этой связи создание высокоэффективных технологий и изучение особенностей процессов формообразования некруглых деталей профильных соединений имеет важное значение для практической их реализации.

Определение геометрических параметров формируемого профиля. При методе касания профиль образуется как касательная к множеству вспомогательных линий - окружностей, прямых или линий переменной кривизны, создаваемых точечными производящими элементами. Схема обработки основана на применении режущего инструмента (дисковой фрезы) с некруглой цилиндрической производящей поверхностью [1] или в частном случае круглой формы, но установленного эксцентрично относительно оси его вращения [2]. Благодаря совмещению движений упрощается кинематика формообразования, что позволяет осуществлять ее не только на специальных, но и на универсальных зубошлицефрезерных станках, например, станке модели ВС-50, выпускаемом Витебским станкостроительным заводом «Вистан».

На рисунке 1 представлен инструмент в виде эксцентрично установленной дисковой фрезы и детали, обработанной ею на этом станке. Практическое значение имеет определение формируемого профиля. Рассмотрим эту задачу.

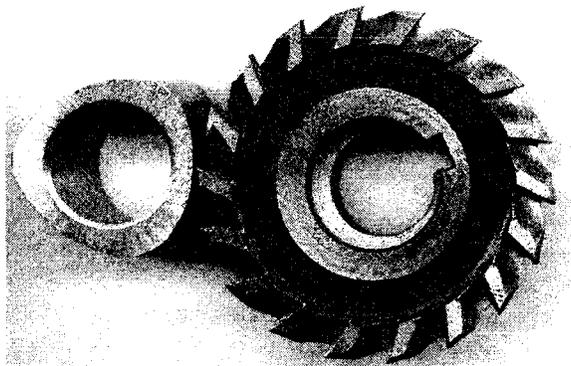


Рис. 1. Деталь (слева) и инструмент с эксцентричной втулкой (справа)

Проведем анализ схемы формообразования (рис. 2), при которой оси вращения инструмента и заготовки параллельны. Инструмент вращается с частотой n_1 , а обрабатываемая заготовка - с частотой n_2 , причем для получения на поверхности m конгруэнтных участков необходимо выполнение условия: $n_1 = mn_2$ или $\beta = m\varphi$, где β - угол поворота фрезы; φ - угол поворота заготовки.

По принципу обратимости движения представим, что заготовка неподвижна. Тогда инструмент получает дополнительное вращение вокруг заготовки в сторону, противоположную ее фактическому враще-

нию, со скоростью V_2 . Центр вращения инструмента C движется по окружности радиусом $R_0 = r + R + e$, где e – эксцентриситет установки фрезы; r – радиус вписанной окружности детали; R – радиус инструмента.

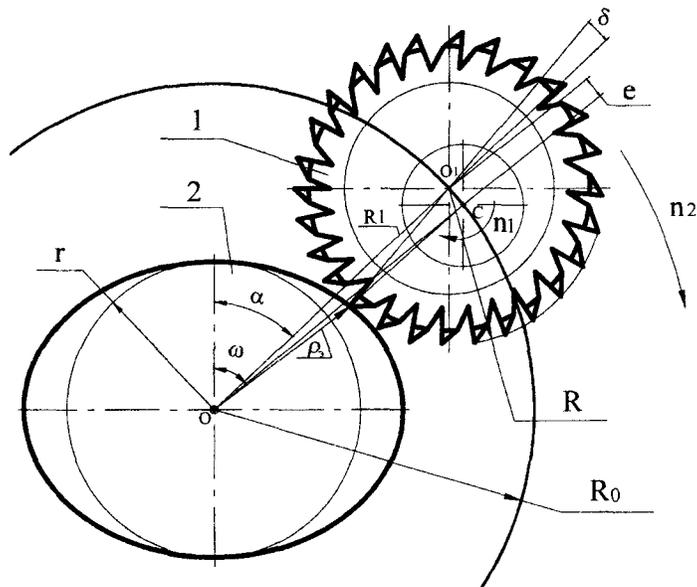


Рис. 2. Схема обработки профильного вала дисковой эксцентрично установленной фрезой:
1 – фреза; 2 – заготовка

Из треугольника OO_1C определяется радиус-вектор $OO_1 = R_1$ множества положений геометрического центра инструмента O_1 – так называемый теоретический профиль, который эквидистантен к практическому профилю детали:

$$R_1 = \sqrt{e^2 + R_0^2 - 2eR_0 \cos \beta} \quad (1)$$

Координаты данной точки в прямоугольной системе координат XOY определяются по известным геометрическим соотношениям.

Из рисунка 2 видно, что $\alpha = \varphi - \theta$, где $\angle \theta = \angle COO_1$.

Так как $\frac{e}{\sin \theta} = \frac{R_1}{\sin \beta}$, то угол θ определяется формулой

$$\theta = \arcsin \frac{e \sin \beta}{R_1} \quad (2)$$

Следовательно,

$$\alpha = \varphi - \arcsin \frac{e \sin \beta}{R_1} \quad (3)$$

Тогда координаты X_{01}, Y_{01} геометрического центра O_1 в прямоугольной системе координат XOY :

$$\begin{cases} X_{01} = R_1 \sin \alpha \\ Y_{01} = R_1 \cos \alpha \end{cases} \quad (4)$$

или

$$\begin{cases} X_{01} = R_0 \cos \varphi - e \cos(\beta + \varphi) \\ Y_{01} = R_0 \sin \varphi - e \sin(\beta + \varphi) \end{cases} \quad (5)$$

Угол δ между радиус-вектором OO_1 и нормалью к обрабатываемой поверхности, восстановленной в точке касания с инструментом, принимает периодически изменяющееся значение от нуля до максимума, зависящего от параметров e, r, R, φ . Определить практический и теоретический эквидистантные профили обработки можно по формуле

$$\rho_s = \sqrt{R_1^2 + R^2 \pm 2R_1 R \cos \delta}, \quad (6)$$

где знак «минус» применяется для определения внутренней эквидистанты профиля детали, а знак «плюс» – для внешней эквидистанты теоретического профиля.

Неизвестный угол δ находится из выражения

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{R_1} \frac{dR_1/d\varphi}{d\alpha/d\varphi}.$$

С учетом (1) и (3) имеем

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{meR_0 \sin(m\varphi) \sqrt{R_1^2 - e^2 \sin^2(m\varphi)}}{R_1^2 \sqrt{R_1^2 - e^2 \sin^2(m\varphi)} - me \cos(m\varphi)}. \quad (7)$$

Тогда декартовы координаты эквидистант выражаются с учетом формул (5) и (7) следующими зависимостями:

$$\begin{cases} X_{\mathcal{E}} = X_{01} \pm R \sin \delta \\ Y_{\mathcal{E}} = Y_{01} \pm R \cos \delta \end{cases}, \quad (8)$$

где знак «плюс» относится к внешней эквидистанте, знак «минус» – к внутренней эквидистанте.

Из формулы (6) с учетом (1) и (7) получаем искомое уравнение формируемого профиля некруглого вала:

$$\rho = \sqrt{[r + e + e \cos(m\varphi)]^2 + [me \sin(m\varphi)]^2}. \quad (9)$$

Погрешность приближенного профилирования сложных поверхностей в виде гребней определяется по известной зависимости [3]:

$$\Delta = \frac{l}{8} \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{r'} \right), \quad (10)$$

где l – длина проекции образующей элементарной поверхности на номинальную; R' – радиус траектории движения зубьев фрезы; r' – радиус кривизны профиля вала.

Так как профиль детали формируется за конечное число резов, то неизбежно образование огранки. Применительно к рассматриваемому случаю высота огранки Δ составляет (рис. 3)

$$\Delta = \frac{S_Z}{8} \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{r'} \right), \quad (11)$$

где S_Z – подача на один зуб фрезы;

$$S_Z = \varphi' \rho; \quad (12)$$

где φ' – угол между соседними точками контакта режущих зубьев с формируемым профилем.

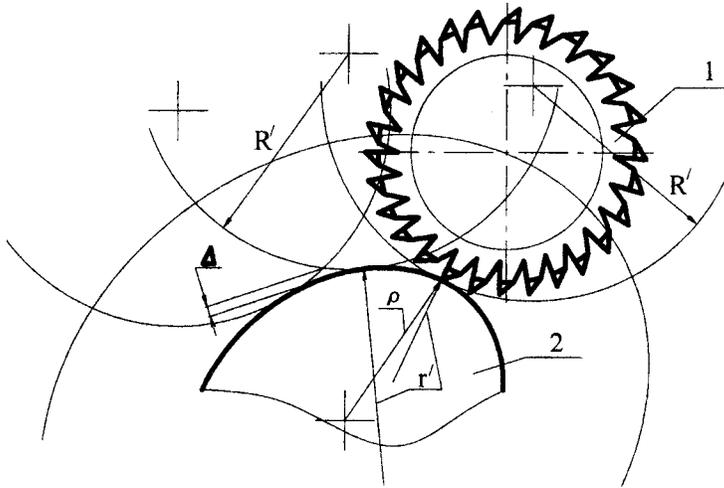


Рис. 3. Схема образования огранки на поверхности профильного вала дисковой фрезой:
1 - инструмент; 2 - заготовка

Угол φ' характеризует шаг последовательных соприкосновений каждого зуба инструмента с поверхностью обрабатываемого вала по образующей и, следовательно, шаг выступов на профиле:

$$\varphi' = \frac{2\pi}{zm}, \quad (13)$$

где z – число зубьев инструмента.

Из зависимостей (11) – (13) следует уравнение для определения высоты огранки применительно к случаю обработки некруглого вала эксцентричным многолезвийным дисковым инструментом с параллельными осями заготовки и фрезы

$$\Delta = \frac{\pi \rho}{4z m} \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{r'} \right). \quad (14)$$

Как следует из (14), управление высотой огранки формируемого некруглого профиля обеспечивается за счет диаметра и числа зубьев инструмента.

Выводы. В результате аналитического исследования схемы формообразования некруглых валов методом касания эксцентрично установленной дисковой фрезой установлены закономерности получения профиля с определением его основных геометрических параметров, получено уравнение кривой профиля в полярных и декартовых координатах, установлены зависимости для определения высоты и шага огранки, образующейся при данном способе обработки. Результаты исследования позволяют обоснованно выбирать параметры инструмента исходя из допускаемой погрешности профилирования, что необходимо для проектирования инструмента и практической реализации способа обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ обработки многогранных поверхностей: А.с. 814595 СССР:МКИ³ В23 С 3/24.
2. Данилов В.А. Анализ и пути интенсификации способов обработки некруглых поверхностей профильных соединений // Вестник машиностроения. - 1991. - № 1. - С. 50 - 54.
3. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. - Мн.: Наука и техника, 1995.