

УДК 621.914

Мамлюк О. В.

Киевский авиационный техникум. Украина, Киев

ОБРАБОТКА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ФАСОННЫМИ ДИСКОВЫМИ ОБКАТОЧНЫМИ ФРЕЗАМИ

Анотація

Розглянуто питання профілювання фасонних дискових обкочувальних фрез. Визначено параметри установки фрези відносно заготовки.

Abstract

The matters of the shaping of the shaped disc rolling cutter have been considered. The parameters of the cutter installation concerning the have been determined.

Вступление

Нарезание высокоточных зубчатых колес в машиностроении, особенно в авиационной промышленности, является актуальной проблемой современной науки, техники и технологии производства.

Важной задачей в решении этой проблемы является разработка новых зуборежущих инструментов более надежных и производительных.

При обработке многозубых деталей в машиностроении используются разнообразные режущие инструменты, работающие способом копирования и обкатки. Обработка способом копирования зачастую не обеспечивает требуемую точность по шагу обрабатываемых деталей и сравнительно малопроизводительна, так как требуется затрачивать время на периодический поворот заготовки на следующий зуб. Более прогрессивным для обработки многозубых деталей является способ обкатки червячными фрезами, зуборезными долбяками и другими инструментами. Рассматриваемые обкаточные инструменты являются сложными по конструкции и технологии их изготовления. Более простыми являются фасонные обкаточные дисковые фрезы, которые проектируются на базе исходной инструментальной поверхности, образуемой по первому способу.

Преимущество фасонных обкаточных дисковых зуборезных фрез заключается в простоте их конструкции, в возможности оснащения их твердосплавными режущими пластинами, что существенно повышает стойкость инструмента и производительность обработки зубчатых колес.

Однако задача профилирования обкаточных дисковых зуборезных фрез не решена. Эта задача решается в данной статье.

Цель этой статьи заключается в разработке методики приближенного профилирования фасонных обкаточных дисковых фрез для обработки зубчатых колес и других многозубых деталей методом обкатки.

Приближенное профилирование обкаточных дисковых зуборезных фрез

При приближенном профилировании фасонных обкаточных дисковых фрез можно за режущую кромку принимать профиль обрабатываемой канавки прямозубой детали, но в этом случае необходимо определять угол  $\tau$  наклона оси фрезы по отношению к оси детали.

Схема формообразования обкаточными дисковыми фрезами многозубых деталей (рис. 1) включает вращение заготовки вокруг ее оси с угловой скоростью  $\bar{\omega}_1$  и вращение фрезы вокруг ее оси с угловой скоростью  $\bar{\omega}_0$ . Движения вращения заготовки и фрезы кинематически связаны друг с другом и зависят от числа зубьев инструмента и обрабатываемой детали:

$$\frac{\omega_0}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_0}$$

где  $z_1$  — число зубьев обрабатываемого зубчатого колеса;

$z_0$  — число зубьев обкаточной дисковой фрезы.

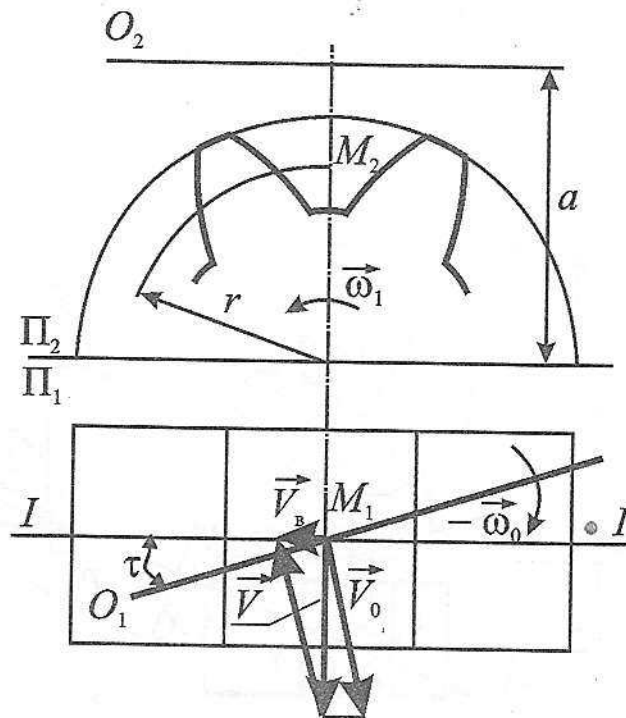


Рис. 1. Схема формообразования обкаточными дисковыми фрезами многозубых деталей

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ПРОЦЕССОВ, МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ

Оси заготовки и обкаточной дисковой фрезы являются скрепляющимися прямыми. Расстояние между осями заготовки и фрезы обозначено через  $a$ , а угол между ними – через  $\tau$ . Методика приближенного способа профилирования фасонных дисковых обкаточных фрез заключается в следующем.

- На профиле детали выбирается опорная точка  $M$ . За опорную точку  $M$  может приниматься точка, расположенная в центре обрабатываемого профиля, либо другая точка на профиле детали. Например, если необходимо обработать смежные участки поверхности детали без переходных кривых, за опорную точку  $M$  принимается точка пересечения смежных участков профиля обрабатываемой детали.

- Определяется вектор  $\vec{V}$  скорости движения опорной точки  $M$  относительно обкаточной дисковой фрезы, при различных углах наклона  $\tau$ . Из множества положений вектора  $\vec{V}$  выбирается такое, при котором вектор  $\vec{V}$  идет параллельно оси обрабатываемой прямозубой детали.

- Принимается, что в этом случае приближенно форма режущей кромки фасонной обкаточной фрезы будет совпадать с обрабатываемым профилем в плоскости  $I-I$ , проходящей через опорную точку  $M$  перпендикулярно оси детали. При этом положение передней плоскости обкаточной фасонной фрезы будет определяться углом  $\lambda$  наклона режущей кромки в вершинной точке равно  $\lambda = \tau$  и инструментальным передним углом  $\gamma_n = 0$  в сечении, перпендикулярном оси фрезы.

Рассмотрим пример приближенного профилирования фасонной обкаточной фрезы для обработки некорректированного прямозубого зубчатого колеса.

Заданными величинами будут:

1. модуль обрабатываемого колеса –  $m$ ;
2. число зубьев обрабатываемого колеса –  $z$ ;
3. межосевое расстояние –  $a$ ;
4. число зубьев фасонной обкаточной фрезы –  $z_0$ .

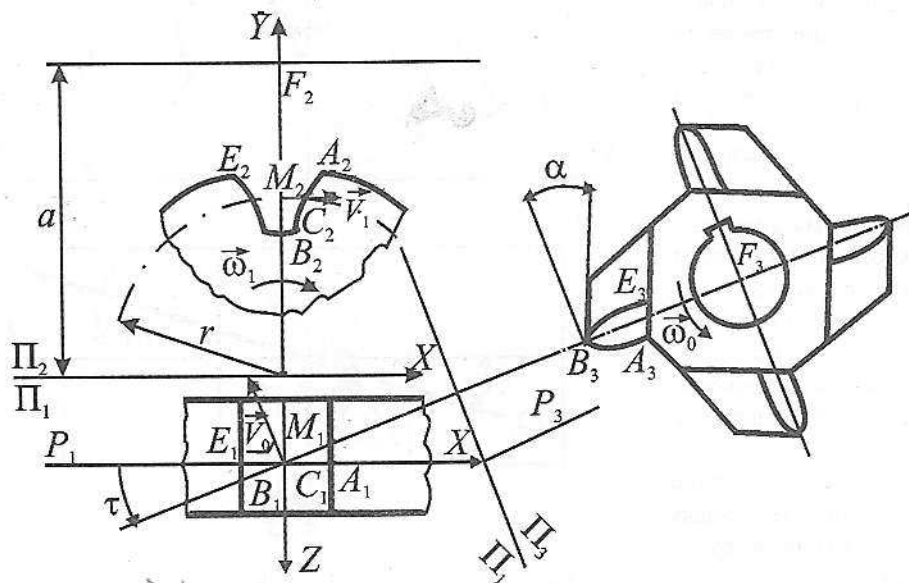


Рис. 2. Схема приближенного профилирования обкаточной фрезы

В середине обрабатываемой впадины зуба выбираем опорную точку  $M$ , расположенную на делительной окружности (рис. 2). Радиус  $r$  делительной окружности равен:

$$r = \frac{m \cdot z_1}{2}$$

Определим величину угла  $\tau$ , исходя из условия, что скорость  $\vec{V}$  точки  $M$  относительно обкаточной фасонной зуборезной фрезы будет параллельна оси  $Z$  заготовки, и ее проекции на оси  $X$  и  $Y$  будут равны нулю. В этом случае приближенно форма режущей кромки обкаточной фасонной зуборезной фрезы будет совпадать с профилем  $ABCE$  впадины обрабатываемого зубчатого колеса и лежать в плоскости  $P$ , проходящей через опорную точку  $M$  перпендикулярно оси обрабатываемого колеса. Скорость  $\vec{V}_1$  вращения точки  $M$  вокруг оси заготовки равна:

$$\vec{V}_1 = -\vec{i} \omega_1 r$$

Скорость  $\vec{V}_0$  точки  $M$ , относительно неподвижной фрезы, при вращении вокруг оси фрезы, будет:

$$\vec{V}_0 = -\vec{i} \omega_0 (a - r) \sin \tau - \vec{k} \omega_0 (a - r) \cos \tau$$

Проекция скорости точки  $M$  относительно обкаточной фрезы на ось  $X$  будет равна:

$$\omega_1 r - \omega_0 (a - r) \sin \tau = 0$$

Отсюда

$$\sin \tau = \frac{\omega_1 r}{\omega_0 (a - r)} = \frac{z_0 r}{z_1 (a - r)}$$

Подставляя вместо  $r$  его значение, равное

$$r = \frac{m z_1}{2}$$

будем иметь:

$$\sin \tau = \frac{m z_0}{2a - m z_1} = \frac{m z_0}{2R_\phi}$$

где  $R_\phi$  – радиус фрезы в точке, соответствующей положению выбранной опорной точки  $M$ .

Положение передней плоскости  $P$  рассматриваемой обкаточной зуборезной фрезы будет определяться углом  $\lambda$  наклона режущей кромки в ее вершинной точке и инструментальным передним углом в сечении, перпендикулярном оси фрезы, равно  $\gamma = 0^\circ$ . Форма режущей кромки в передней плоскости будет совпадать с формой эвольвентного профиля обрабатываемого зубчатого колеса в сечении, перпендикулярном оси колеса. Расчет

формы режущей кромки, являющейся эвольвентой, производится по известным зависимостям. При больших числах зубьев зубчатого колеса приближенно эвольвентная режущая кромка может быть заменена другой окружностью.

Форма задней поверхности обкаточной фасонной фрезы может быть различной. Рассмотрим процесс образования задней поверхности путем радиального затылования по Архимедовой спирали (рис. 3). В системе плоскостей проекций  $\Pi_1 / \Pi_2$  изображаем форму режущей кромки  $A_1B_1E_1$ , которая лежит в плоскости  $Z_0 = 0$ . Вводится система плоскостей проекций  $\Pi_1 / \Pi_3$  плоскость  $\Pi_3$  проводится перпендикулярно оси фрезы, положение которой в системе  $\Pi_1 / \Pi_2$  определяется принятой величиной угла наклона  $\tau$ . По правилу перемены плоскостей проекций, находится проекция  $A_3B_3E_3$  режущей кромки на плоскость  $\Pi_3$ . При затыловочном движении точки режущей кромки описывают кривые затылования — Архимедовы спирали. Совокупность кривых затылования, проведенных через различные точки режущей кромки будет задней поверхностью зуба фрезы. При радиальном затыловании кривые затылования располагаются в плоскостях, перпендикулярных оси фрезы.

Кривые затылования, при графическом анализе формы задней поверхности, могут быть заменены дугами окружностей. Центр  $O_3$  этих окружностей на плоскости  $\Pi_3$  выбирается на прямой  $B_3O_3$ , составляющей с осью  $Y_0$  инструментальный задний угол  $\alpha_B$  в вершинной точке режущей кромки. Расстояние  $B_3O_3$  принимается равным радиусу фрезы  $R_\Phi$ . Кривые затылования проектируются без искажения на плоскость  $\Pi_2$ .

Рассмотрим произвольную точку  $A$  режущей кромки. Кривой затылования, проходящей через точку  $A$ , будет линия  $AL$ . Кривая затылования  $AL$  пересекается с осевой плоскостью  $\Sigma$  фрезы, проходящей через вершинную точку  $B$  режущей кромки, в точке  $L$ . Кривой затылования, проходящей через точку  $E$ , будет линия  $EF$ , которая с плоскостью  $\Sigma$  пересекается в точке  $F$ . Аналогично с точками  $A$  и  $E$  рассматриваются другие точки режущей кромки, и определяются точки пересечения кривых затылования с осевой плоскостью  $\Sigma$  фрезы, проходящей через точку  $B$ .

Вводится система плоскостей проекций  $\Pi_3 / \Pi_4$ . Плоскость  $\Pi_4$  проводится параллельно плоскости  $\Sigma$ . По правилу перемены плоскостей проекций определяются проекции точек  $L, F, \dots$  на плоскость  $\Pi_4$ , совокупность которых будет линией  $L_4B_4F_4$ , пересечения задней затылованной поверхности зуба фрезы и плоскости  $\Sigma$ . Линия  $L_4B_4F_4$  совпадает с режущей кромкой затыловочного резца, передняя плоскость которого совпадает с плоскостью  $\Sigma$ . Рассматривая графическое решение, определим аналитические зависимости для расчета формы режущей кромки затыловочного резца. Заданными величинами будут координаты  $X_0, Y_0$  точек профиля обрабатываемого зубчатого колеса, совпадающего с фасонной режущей кромкой обкаточной фрезы, и угол  $\tau$  наклона оси фрезы. Для выбранной точки режущей кромки с координатами  $X_0, Y_0$  угол  $\delta$  определяется по зависимости:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{X_0 \sin \tau}{R_\Phi - Y_0}$$

Величина  $D$  смещения, для рассматриваемой точки режущей кромки, равна:

$$\Delta = \frac{KZ_0}{2\pi} \delta,$$

где  $K$  — величина затылования, определяемая по зависимости:

$$K = \frac{2\pi R_\Phi}{Z_0} \operatorname{tg} \alpha_B,$$

где  $\alpha_B$  — инструментальный задний угол в вершинной точке  $B$  режущей кромки в сечении, перпендикулярном оси фрезы.

Координаты  $X_2, Y_2$  точек режущей кромки затыловочного резца будут:

$$X_2 = X_0 \operatorname{ctg} \tau; Y_2 = Y_0 + D.$$

Фасонные дисковые обкаточные фрезы могут проектироваться с положительными инструментальными передними углами. В этом случае, за исходную инструментальную поверхность вращения профиля обрабатываемого зубчатого колеса, расположенного в плоскости  $P$ , вокруг оси фрезы. Режущая кромка фрезы определяется как линия пересечения передней плоскости, положение которой определяется выбранной величиной инструментального

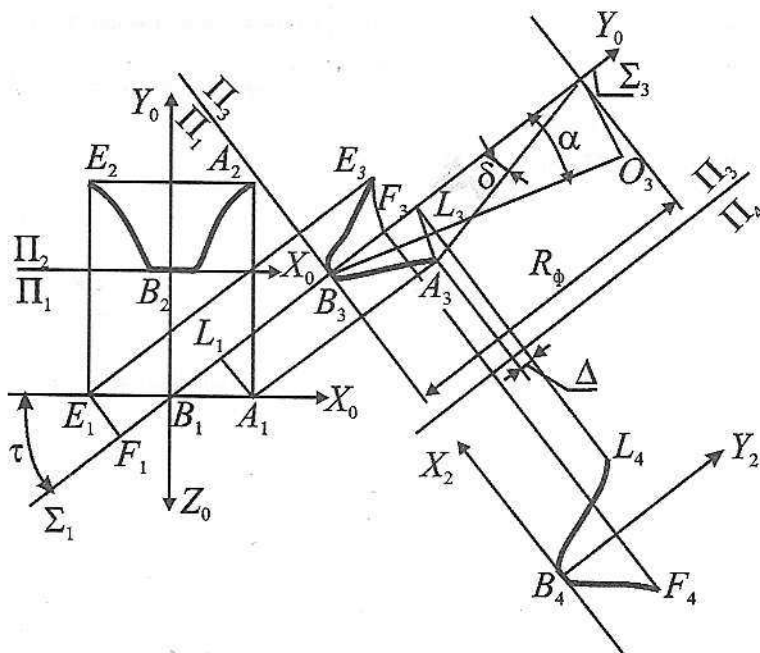


Рис. 3. Схема образования задней поверхности обкаточной фрезы

переднего угла  $\gamma_n \neq 0$  и исходной инструментальной поверхности. На точность обработки фасонными обкаточными фрезами существенное влияние оказывает величина угла  $\tau$ . С уменьшением угла  $\tau$  точность обработки возрастает. При обработке прямозубых цилиндрических зубчатых колес величина угла  $\tau$ , как было показано ранее, зависит от модуля  $m$  колеса, числа зубьев  $z_0$  обкаточной фасонной фрезы и от радиуса  $R_\phi$  фрезы, соответствующего выбранной опорной точке  $M$ . При увеличении модуля  $m$  и числа зубьев  $z_0$  обкаточной фрезы угол наклона оси  $\tau$  возрастает, а при увеличении радиуса  $R_\phi$  — уменьшается.

Фасонные обкаточные фрезы могут использоваться при изготовлении различных многозубых деталей, например, острошлицевых валов (рис. 4). У острошлицевых соединений с треугольным профилем наиболее часто число шлицев лежит в пределах 20...50, а угол профиля принимается равным  $60^\circ$ ,  $70^\circ$  и  $90^\circ$ . Угол  $\tau$  наклона оси фрезы в общем случае рассчитывается по зависимости:

$$\sin \tau = \frac{z_0}{z_1} \frac{r}{(a-r)}$$

Для острошлицевого вала, профиль зубьев которого изображен на рис. 4, при числе зубьев вала  $z_1 = 36$ , диаметре фрезы  $D = 40$  мм, числе зубьев фрезы  $z_0 = 4$ , угол наклона оси фрезы равен  $\tau \approx 2^\circ$ . Увеличение диаметра фрезы до  $D = 80$  мм при  $z_0 = 4$  приводит к уменьшению угла  $\tau$  наклона оси фрезы до величины  $\tau \approx 1^\circ$ . Уменьшение числа зубьев фрезы до  $z_0 = 1$ , при диаметре фрезы  $D = 40$  мм, приводит к уменьшению угла  $\tau$  наклона оси фрезы до величины  $\tau \approx 30^\circ$ .

#### Выводы

Обработка зубчатых колес может осуществляться с помощью фасонных дисковых обкаточных фрез на зуборезных станках способом обкатки.

Определен угол  $\tau$  наклона оси фрезы по отношению к оси заготовки, при котором, с достаточной точностью,

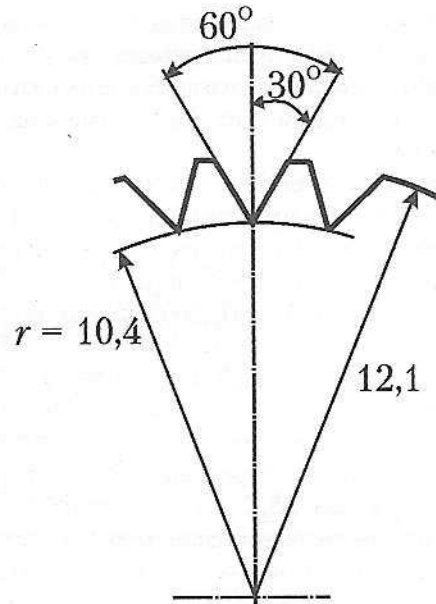


Рис. 4. Схема профиля зубьев острошлицевого вала

форма режущей кромки фрезы совпадает с профилем впадины зуба обрабатываемого зубчатого колеса.

Для рассматриваемого случая определено положение передней плоскости, которое характеризуется инструментальным углом наклона  $\lambda$  режущей кромки  $\lambda = \tau$  и инструментальным передним углом  $\gamma = 0$  в вершинной точке режущей кромки фрезы.

Найдено осевое сечение задней радиально-затылованной поверхности фрезы, которая совпадает с режущей кромкой затыловочного резца.

#### Литература

1. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты. — К.: Вища школа. — 1986.
2. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. — М.: Машгиз. — 1962.