

ОБРАБОТКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДРЕВЕСИНЫ МНОГОРЕЗЦОВЫМ
ИНСТРУМЕНТОМ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Для фрезерования древесины и древесных материалов широко используются различные типы фрезерного инструмента [1]. Наибольшее распространение получили ножевые валы с длинными прямолинейными ножами. Разработаны ступенчатые ножевые валы, которые имеют короткие прямые ножи, устанавливаемые со смещением вдоль оси. Находят применение инструменты, в которых специальные тонкие ножи закрепляются по винтовой линии.

Рассмотрим процесс обработки плоской поверхности инструментом, режущие элементы которого имеют криволинейное лезвие. Радиус кривизны такого лезвия примем равным радиусу окружности. Резцы размещены по длине ножевого вала со смещением. Эффективность применения таких резцов заключается в повышении долговечности инструмента.

При фрезеровании поверхности инструментом с криволинейной режущей кромкой образуются кинематические неровности в направлении подачи и вдоль оси ножевого вала. Неровности данного вида обуславливаются в одном случае кинематикой фрезерования, в другом — криволинейностью режущей кромки. Таким образом, волнистость будет иметь место как по длине, так и по ширине детали.

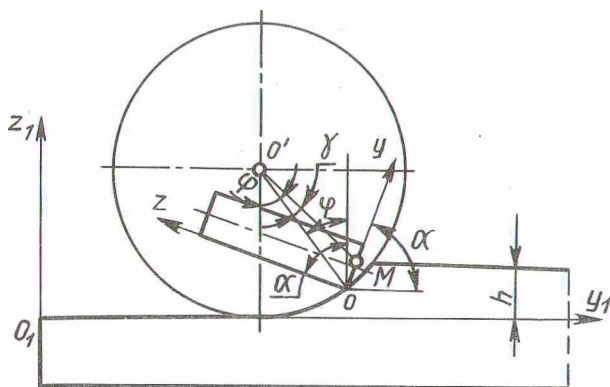


Рис. 1. Схема процесса фрезерования.

Длина и глубина волны в направлении продольной оси ножевого вала зависит от радиуса криволинейности режущей кромки, угла наклона режущего элемента, глубины фрезерования, количества режущих элементов, их смещения друг относительно друга.

Рассмотрим кинематику процесса резания с применением ножевого вала с режущими элементами, имеющими криволинейную режущую кромку

(рис. 1). Резцы радиуса r закреплены в ножевом валу, вращающемся с угловой скоростью ω . Скорость поступательного перемещения детали

$$v_n = \kappa \omega R.$$

Определим число режущих элементов и их расположение на ножевом валу в зависимости от геометрических и кинематических параметров.

Координаты точки M режущей кромки инструмента в системе координат XYZ обозначим через x ; y ($z = 0$):

$$x^2 + (y - r)^2 = r^2. \quad (1)$$

Введем систему координат $X_1 Y_1 Z_1$, соответствующую обрабатываемой детали.

Для определения параметров волны на поверхности детали ($z_1 \leq h$) запишем кинематические уравнения движения точки M режущей кромки ($z = 0$) в системе координат $x_1 y_1 z_1$. Воспользовавшись параллельным переносом осей XYZ вдоль осей $Y_1 Z_1$ и поворотом на угол $\alpha = \beta + \varphi$, получим

$$x_1 = x, \quad (2)$$

$$y_1 = v_n t + R \sin \omega t + y \cos (\beta + \omega t) = v_n t + R^* \sin (\omega t + \gamma), \quad (3)$$

$$z_1 = R (1 - \cos \omega t) + y \sin (\beta + \omega t) = R - R^* \cos (\omega t + \gamma). \quad (4)$$

$$\text{Здесь } R^* = OM = \sqrt{(R - y \sin \beta)^2 + y^2 \cos^2 \beta}, \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = y \cos \beta / (R - y \sin \beta), \quad \gamma = \angle OO'M. \quad (6)$$

Из формул (2) — (6) следует, что траектории точек резца представляют циклоиды, параметры которых определяются геометрическими (β , R , y или x) и кинематическими (ω , v) параметрами.

С помощью выражений (2) — (4) можно установить форму и размеры участка детали, обработанного одним резцом и удовлетворяющего заданным параметрам шероховатости. Для этого найдем линию пересечения поверхности (2) — (4) с плоскостью $z_1 = \epsilon$, где ϵ — нормированный параметр шероховатости.

Учитывая, что $\epsilon \ll R$, разложим синус и косинус в формулах (3) — (4) по $\varphi = \omega t$ вблизи $\varphi = 0$. Это возможно, так как в области заданной шероховатости ϵ ($z_1 \leq \epsilon$).

$$\cos \varphi_{\max} = \frac{R - \epsilon}{R} = 1 - \epsilon/R. \quad (7)$$

Поэтому из формулы (7) при $\epsilon \ll R$ с достаточной степенью точности получим

$$\varphi_{\max}^2 / 2 = \epsilon/R \ll 1. \quad (8)$$

С учетом (8) и выражения (4) запишем

$$\begin{aligned} \epsilon &= R - R^* (\cos \gamma \cos \omega t - \sin \gamma \sin \omega t) = R - R^* \left[\cos \gamma \left(1 - \frac{\omega^2 t^2}{2} \right) - \right. \\ &\quad \left. - \sin \gamma \omega t \right] = R^* \cos \gamma \frac{\omega^2 t^2}{2} + y \sin \beta + y \cos \beta \omega t. \end{aligned} \quad (9)$$

Решение уравнения (9) определяет время движения некоторой точки М кромки реза с координатой (см. выражение (1))

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2} = x^2/2r.$$

В области нормированной шероховатости ($z_1 < \epsilon$)

$$\omega t = \sqrt{\frac{2(\epsilon - y \sin \beta)}{R - y \sin \beta}} = \sqrt{\frac{2(\epsilon - y \sin \beta)}{R}}. \quad (10)$$

После разложения (3) и подстановки (10) получим в том же приближении

$$y_1 = (v + R\omega) t + O(\epsilon/R)$$

или окончательно ($x = x_1$):

$$\frac{x_1^2}{2\epsilon r} \sin \beta + \frac{y_1^2}{2\epsilon R (1 + \kappa)^2} = 1.$$

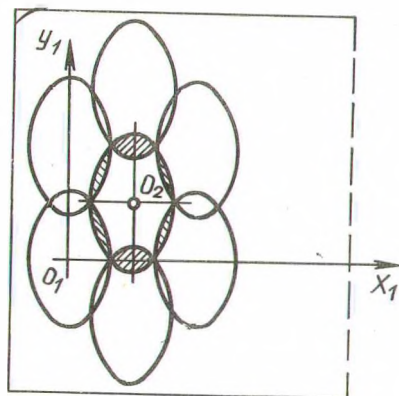


Рис. 2. Схема к расчету количества режущих элементов.

Пусть $x_2^* = a + \Delta$, тогда

$$S = 8 \int_0^{\Delta} (y_1 - y_2^*) dx + 4 \int_{\Delta}^a (y_1 - y_2) dx$$

Таким образом кинематическая волна, образованная одним резцом с криволинейной режущей кромкой, очерченной по дуге окружности, представляет эллипс (рис. 2) в плоскости $x_1 y_1$ с параметрами $a = \sqrt{2\epsilon r / \sin \beta}$ — малая полуось эллипса; $b = \sqrt{2\epsilon R (1 + \kappa)^2}$ — большая полуось эллипса.

Для определения минимального числа резцов и их расположения на ножовом валу найдем координаты точки $O_2 (x_2^*, y_2^*)$ из условия минимума заштрихованных площадей, отвечающих областям перекрытия рабочих зон смежных резцов.

и из уравнения $dS/d\Delta$ следуют координаты точки O_2 :

$$x_2^* = a + \Delta; \quad \Delta = a(\sqrt{2} - 1); \quad y_2^* = b\sqrt{1 - \Delta^2/a^2}.$$

Определим необходимое количество резцов для перекрытия всей обрабатываемой поверхности в направлении оси y_1 (направление движения подачи материала).

За время одного оборота ножевого вала $T = 2\pi/\omega$ деталь переместится на

$$L_n = v_n T = 2\pi R.$$

Тогда число резцов, которые необходимо расположить по окружности радиуса R , будет определяться по формуле

$$z_1 = \frac{L_n}{2y_2^*} = \frac{\pi R v_n}{(v + v_n) \sqrt{2\epsilon R (1 - \Delta^2/a^2)}}.$$

Если ширина обрабатываемой детали B , то необходимое число резцов в направлении образующей ножевого вала

$$z_2 = \frac{B}{2x_2^*} = \frac{B}{2a\sqrt{2}} = \frac{B}{4\sqrt{\epsilon r/\sin \beta}}.$$

Полученные зависимости могут быть использованы при конструировании ножевых валов продольно-фрезерных станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. К р я ж е в Н.А. Фрезерование древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 200 с.

УДК 674.023

А.Г.ЛАХТАНОВ, канд. техн. наук,
А.М.ДРОЗДОВ, Л.М.КОЗЕЛ (БТИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ НОЖЕВОГО ТИПА

Как показали исследования [1, 2], применение элементов ножевого типа для базирования заготовок в многопильных круглопильных и других деревообрабатывающих станках перспективно в связи с высокой точностью базирования, простотой осуществления и относительно небольшими энергозатратами. Вместе с тем внедрение таких элементов в конструкции конкретных станков затруднено из-за отсутствия методик их расчетов и обоснованных рекомендаций по применению. Применение базирующих элементов ножевого типа связано с некоторым снижением тяговых характеристик механизма