

УДК 674.053

В.С. Вихренко, доц.; А.П. Клубков,
доц.; А.Л. Наумик, студ.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ НЕРОВНОСТЕЙ
ПРИ РАБОТЕ КОЛЕБЛЮЩИХСЯ ПИЛ

The kinematics of sawing by a wavering circular saw is investigated. The shape and dimensions of protuberances which are produced in the sawing process are established.

Для выборки прямоугольных продольных и поперечных пазов в древесине и древесных материалах на фрезерующих станках и автоматических линиях применяются различные режущие инструменты, среди которых наибольшее применение находят дисковые пазовые фрезы. Эти фрезы изготавливают двух типов: для продольных и поперечных пазов, последние имеют боковые подрезатели. Задняя поверхность фрезы может быть выполнена по прямой линии или по одной из затылованных кривых.

Ширина режущей кромки зависит от ширины шипа или проушины и колеблется в широких пределах от 4 до 20 мм. При изготовлении прорезных фрез необходимо обеспечивать точность ширины режущей кромки и толщину ступицы.

Для выполнения логичных операций для выборки пазов и проушин целесообразно рекомендовать колеблющиеся пилы. Эти пилы имеют различную разновидность главным образом в отношении конструкции головки - шайбы. Здесь не будем останавливаться на вопросе конструкции такой оригинальной пилы, а рассмотрим вопрос, касающийся кинематики процесса.

Принципиальная схема колеблющейся пилы, ее взаимодействие с обрабатываемой заготовкой приведена на рис.

Пусть ось вращения пилы вертикальна, а плоскость пилы составляет угол $\pi/2 - \theta$ с осью вращения. Другие параметры, не требующие пояснений, указаны на схеме. При обычных условиях эксплуатации пазового режущего инструмента угол θ весьма мал ($1-10^\circ$).

Тогда ширину паза можно определить по формуле

$$b = h + 2r \operatorname{tg} \theta = h + 2r \theta \left(1 + \frac{1}{3} \theta^2 + \dots\right). \quad (1)$$

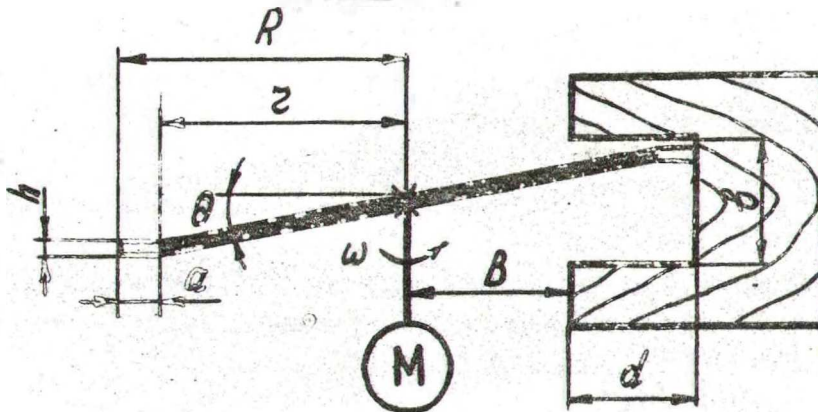


Рис.

Второе слагаемое в круглых скобках при $\alpha = 10^\circ$ составляет 0,0096, так что данной величиной можно вполне пренебречь.

По отношению к заготовке точки зуба пилы описывают укороченные гипоциклоиды

$$x = Ut + \rho \sin \omega t; \quad y = \rho \cdot \cos \omega t, \quad r \leq \rho \leq R, \quad (2)$$

где ρ - расстояние соответствующей точки зуба до оси вращения; t - время; ω - угловая скорость шпинделя.

Ввиду наклона плоскости пилы к оси вращения верхние режущие кромки разных резцов движутся в разных несовпадающих плоскостях, перпендикулярных оси вращения.

Пусть пилы выполнены и установлена, так, что в максимально удаленных друг от друга плоскостях движется по одной горизонтальной режущей кромке, а в каждой из остальных - режущие кромки двух резцов. На обрабатываемой поверхности детали будут образовываться эквидистантно расположенные гипоциклоиды, периодически повторяющиеся, с периодом

$$\lambda = 2\pi U / \omega = 60 U / n, \quad (3)$$

где U - скорость подачи.

Если принять условие $\alpha < d (r > B)$, то у края заготовки после одного прохода зуба пилы образуется необработанная зона, которая должна обрабатываться при последующих проходах того же зуба пилы. Максимальная длина указанной необработанной зоны

$$K_H = 2 \left(\sqrt{r^2 - B^2} + \frac{U}{\omega} \arccos \frac{B}{r} \right). \quad (4)$$

Указанная зона будет обрабатываться при последующих проходах реза, если выполнено условие

$$\left(\sqrt{R^2 - B^2} + \frac{U}{\omega} \arccos \frac{B}{R} \right) - \left(\sqrt{r^2 - B^2} + \frac{U}{\omega} \arccos \frac{B}{r} \right) \geq \lambda, \quad (5)$$

которое накладывает ограничение на скорость подачи заготовки. Это ограничение имеет следующий вид:

$$U \leq \frac{\pi \cdot n (\sqrt{R^2 - B^2} - \sqrt{r^2 - B^2})}{30 (2\pi + \arccos \frac{B}{r} - \arccos \frac{B}{R})} \quad (6)$$

и может оказаться существенным, если $d - a$ больше или сравнимо с a .

Для определения предельной подачи на оборот пилы можно предложить графоаналитическую процедуру, в соответствии с которой

$$\lambda = \frac{60U}{n} \leq \frac{X}{1 - B/2r}, \quad (7)$$

где величина X и угол β (град) могут быть определены из номограммы.

При $B > r$ подача на один оборот должна удовлетворять условию

$$\lambda \leq 2 \sqrt{R^2 - B^2} = 2X. \quad (8)$$

В результате двукратного прохождения наиболее низко (высоко) расположенного зуба пилы на нижней (верхней) поверхности шпунта в области, примыкающей к его вертикальной стенке, образуется еще одна необработанная область. Максимальная высота этой неровности может быть выражена следующей зависимостью:

$$\delta_0 = 450 U^2 / R n^2 = \lambda^2 / BR. \quad (9)$$

Например, при $U = 0,6$ м/с; $R = 125$ мм; $n = 3000$ мин⁻¹; $\delta_0 = 0,14$ мм, что соответствует 6-7 классу шероховатости обработанной поверхности.

При работе фрезы с одним резцом на вертикальной поверхности паза оставались бы неровности цилиндрической формы (цилиндрическая поверхность, изогнутая по профилю гипоциклоиды) достаточно большого размера.

При наличии нескольких резцов каждая их последующая пара уменьшает образованный первым резцом выступ, но не по всей его высоте. Расстояние (в угловом пространстве плоскости пилы) между одним из резцов K -ой пары и первым составляет угол $\varphi_K = 2\pi K/Z$, $K = 1, 2, \dots, (Z-1)/2$.

Один из резцов пары, сдвинутой по отношению к первому резцу на угол φ_K против направления вращения фрезы, подрезает правую стенку упомянутой выше цилиндрической поверхности, а второй резец пары, сдвинутый по ходу вращения фрезы, подрезает левую стенку за вторым проходом. Максимальный размер неровности, оставленной K -ой парой резцов, может быть определен как

$$\delta_K = \frac{450U^2}{R \cdot n^2} \left(1 - \frac{2K}{Z}\right)^2 = \delta_0 \left(1 - \frac{2K}{Z}\right)^2, \quad (10)$$

где Z - количество резцов на пиле.

Результирующая неровность будет составлять объем, образованный ступенчатой поверхностью. Высота каждой ступеньки, ввиду малости угла θ , будет равна

$$h_K = 4r\theta / Z. \quad (11)$$

Если количество резцов достаточно велико, то поверхность неровности можно сгладить. Вводя вместо $2K/Z$ непрерывно изменяющийся угол запаздывания резца φ , получим уравнение криволинейного гребня образованной поверхности

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_0 \left(1 - \varphi/\pi\right), \\ \xi &= 2r\theta\varphi/\pi. \end{aligned} \quad (12)$$

Исключая отсюда η , находим

$$\delta = \delta_0 \left(1 - \frac{\xi}{2r\theta}\right)^2; \quad 0 \leq \xi \leq 2r\theta. \quad (13)$$

Максимальная высота неровности, рассматривая как по отношению к горизонтальной, так и к вертикальной стенке паза, будет при $\delta = \xi = \delta_m$, т.е.

$$\delta_m = \delta_0 \left(1 - \frac{\delta_m}{2r\theta}\right)^2. \quad (14)$$

Решая это уравнение относительно δ_m , получим

$$\delta_m = 2r\theta \left(1 - \frac{8rR\theta}{\lambda^2} \left(\sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{4Rr\theta}} - 1\right)\right). \quad (15)$$

В частности, в центральной части вертикальной стенки паза, имеющей ширину $\theta - 4r\theta$, максимальная высота неровностей равна

$$\delta_{m_c} = 457 u^2 / R n^2 z^2, \quad (16)$$

т.е. величина неровностей обратно пропорциональна квадрату числа режущих элементов (см. расчет по ф.9).

Расчет кинематических неровностей выполнен при условии, что зуб пилы имеет горизонтальные режущие кромки. Однако более эффективны будут режущие кромки, которые расположены в плоскости полотна пилы. Использование таких зубьев приведет к возникновению дополнительных неровностей, характерная величина которых равна $\delta_i = \rho\theta$ и значительно меньше рассмотренных выше.

УДК 674.053

А.П.Клубков, доц.; С.С.Макаревич, доц.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛОТНЕ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЫ
С УЧТОМ НАКЛОНА ШЛИВОВ

The stresses which are arisen in the band saw blade with tilt of the pulleys and permissible angle of the inclination of the pulleys have been defined.