

Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ВЫБОРКА ГНЕЗД ПОД ШИПЫ МЕТОДОМ ПАЗОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

WORKING OF MORTISE HOLE THE GROOVING MILLING METHOD

Пазовое фрезерование представляет собой процесс обработки деревянных заготовок вращающейся концевой фрезой. Это цилиндрическое фрезерование, при котором глубина фрезерования $t = 2R$, где R – радиус окружности резания фрезы.

Концевая фреза имеет торцовые и боковые режущие кромки. Торцовые режущие кромки выполнены с поднутрением (наклоном) к центру под углом $2...3^\circ$ и задним углом $20...25^\circ$. Боковые режущие кромки имеют задний угол $10...15^\circ$ и передний – $30...35^\circ$.

Для фрезерования используют концевые фрезы диаметром от 4 до 25 мм. Частота их вращения на станках назначается от 3000 до 24000 мин^{-1} .

Формирование паза в два этапа. При формировании паза с дном (рис. 1) в два этапа сначала производится заглабление фрезы с подачей вдоль ее оси, а затем включается боковая подача. Ширина паза равна диаметру фрезы D . Ширина фрезерования b равна глубине паза. Толщина срезаемого слоя увеличивается от нуля в точке А до максимального значения в точке В и затем уменьшается до нуля в точке С. Глубина паза обычно не превышает $1,5 D$. Если необходимо получить более глубокий паз, то операцию формирования паза выполняют за несколько проходов.

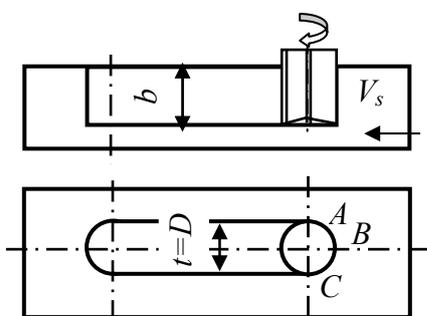


Рисунок 1 – Схема пазового фрезерования

Скорость главного движения равна, м/с

$$V = \frac{\pi D n}{60000},$$

где D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Значение боковой подачи на зуб, мм, находят

по формуле

$$S_z = \frac{1000 V_s}{Z n},$$

где V_s – скорость подачи, м/мин;

Z – число зубьев фрезы.

Средняя толщина срезаемого слоя

$$a_c = \frac{2 S_z}{\pi} = 0,64 S_z.$$

При расположении паза параллельно волокнам древесины $\varphi_6 = \arcsin 0,64 = 39,5^\circ$; при расположении паза перпендикулярно волокнам $\varphi_6 = 90^\circ - 39,5^\circ = 50,5^\circ$.

Непрерывное формирование паза. На некоторых станках формирование паза осуществляется непрерывным способом, когда осевая и боковая подачи происходят одновременно (рис. 2).

Скорость осевой подачи на станке постоянна.

Скорость боковой подачи переменна и может быть определена по формуле, м/мин:

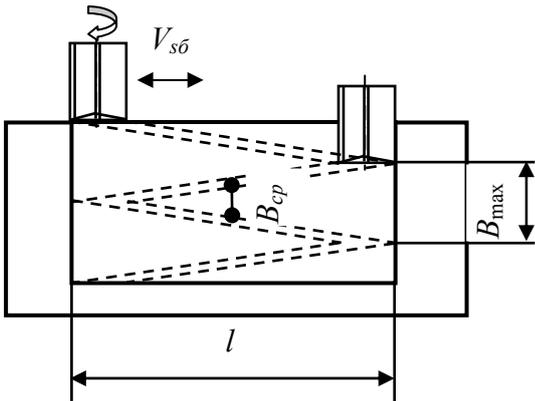


Рисунок 2 – Схема непрерывного пазового фрезерования

$$V_{s\bar{o}} = \frac{\pi n_1 (l - D)}{1000} \sin \alpha ,$$

где n_1 – число двойных ходов фрезы в минуту, мин^{-1} ;

l – длина паза, мм;

D – диаметр фрезы, мм;

α – текущий угол поворота кривошипа, град.

При $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 180^\circ$ $V_{s\bar{o}} = 0$, при $\alpha = 90^\circ$ и $\alpha = 270^\circ$ скорость подачи достигает максимального значения:

$$V_{s\bar{o} \text{ max}} = \frac{\pi n_1 (l - D)}{1000} .$$

В расчетах используют среднее значение скорости боковой подачи, м/мин:

$$V_{s\bar{o} \text{ cp}} = \frac{2n_1 (l - D)}{1000} .$$

Этой скорости соответствует среднее значение подачи на зуб, мм:

$$S_{z \text{ cp}} = \frac{2n_1 (l - D)}{Zn} ,$$

где Z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Ширина фрезерования тоже переменна. Максимальное значение ширины фрезерования равно, мм

$$B_{\text{max}} = \frac{1000V_{s1}}{n_1} ,$$

где V_{s1} – скорость осевой подачи, м/мин;

n_1 – частота двойных ходов фрезы, мин^{-1} .

Среднее значение ширины фрезерования

$$B_{\text{cp}} = \frac{500V_{s1}}{n_1} .$$

Динамика пазового фрезерования. Расчет значений фиктивной силы резания p и касательного давления на переднюю поверхность зуба k выполняют при $\varphi_e = 39,5^\circ$ для продольного и $\varphi_e = 50,5^\circ$ для поперечного фрезерования.

Силы резания на торцовых режущих кромках составляют около 5% от окружных сил резания на боковых режущих кромках. Расчетное окружное усилие резания с учетом работы торцовых зубьев можно определить по формуле

$$F_{xop} = 1,05F_{xo}.$$

Мощность, расходуемая на резание, кВт

$$P = \frac{F_{xop}V}{1000}.$$

Пример. Дано. На сверлильно-пазовальном станке с непрерывным формированием паза в сосновых заготовках обрабатываются гнезда под шипы шириной 8Н13 мм и длиной 40 мм. Начальный радиус закругления боковых режущих кромок $\rho_o = 5$ мкм, углы резания $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 40^\circ$, число зубьев фрезы $Z = 2$, поле рассеяния размеров на станке $\omega = 180$ мкм, относительная остаточная деформация $\varepsilon_o = 0,2$. Скорость осевой подачи $V_{s1} = 0,1$ м/мин, частота вращения фрезы $n = 3000$ мин⁻¹, число двойных ходов фрезы $n_1 = 90$ мин⁻¹.

Определить момент наступления отказа технологической системы по параметру “Точность” и мощность на фрезерование к этому моменту.

Решение. Гнездо обрабатывается концевой фрезой диаметром $D = 8$ мм. При затуплении боковых режущих кромок диаметр фрезы убывает.

1. По ГОСТ 6449.1-82 находим поле допуска на линейный размер 8 мм IT13 = 220 мкм.

2. Находим величину запаса поля допуска

$$\delta_3 = IT13 - \omega = 220 - 180 = 40 \text{ мкм.}$$

3. Принимаем величину подъема обработанной поверхности для одной режущей кромки лезвия $d = \delta_3 / 2 = 40 / 2 = 20$ мкм.

4. Определим значение выражения

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta / 2)}{\sin(\beta / 2)} = \frac{\sin(15 + 40 / 2)}{\sin(40 / 2)} = 1,677.$$

5. Находим предельно допустимый радиус закругления режущей кромки

$$\rho_{\max} = \frac{d}{e - \varepsilon_o} + \rho_o = \frac{20}{1,677 - 0,2} + 5 = 18,54 \text{ мкм.}$$

В этот момент наступает отказ технологической системы. При дальнейшей работе получается брак.

6. Находим скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 3000}{60000} = 1,26 \text{ м/с.}$$

7. Средняя скорость боковой подачи

$$V_{sb\ cp} = \frac{2n_1(l - D)}{1000} = \frac{2 \cdot 90(40 - 8)}{1000} = 5,76 \text{ м/мин.}$$

8. Среднее значение боковой подачи на зуб

$$S_{z\text{ ср}} = \frac{2n_1(l-D)}{Zn} = \frac{2 \cdot 90(40-8)}{2 \cdot 3000} = 0,96 \text{ мм.}$$

9. Среднее значение толщины срезаемого слоя

$$a_c = 0,64S_{z\text{ ср}} = 0,64 \cdot 0,96 = 0,6 \text{ мм.}$$

10. Среднее значение ширины фрезерования

$$B_{\text{ср}} = \frac{500V_{s1}}{n_1} = \frac{500 \cdot 0,1}{90} = 0,56 \text{ мм.}$$

11. Для продольно-торцового резания с углом встречи $\varphi_g = 39,5^\circ$ найдем:

– фиктивную силу резания

$$p_{//-\perp} = 1,57 + 3,23 \sin^{1,25} \varphi_g = 1,57 + 3,23 \sin^{1,25} 39,5^\circ = 3,4 \text{ Н/мм;}$$

– значение касательного давления срезаемого слоя на переднюю грань зуба

$$k_{//-\perp} = 0,196\delta + 0,069V' - 5,4 + (0,354\delta + 0,127V' - 14,22) \sin^{1,25} \varphi_g =$$

$$= 0,196 \cdot 55 + 0,069(90 - 1,26) - 5,4 +$$

$$+ (0,354 \cdot 55 + 0,127(90 - 1,26) - 14,22) \sin^{1,25} 39,5^\circ = 20,9 \text{ МПа .}$$

12. Находится значение коэффициента затупления

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta\rho}{\rho_o + 50} = 1 + (1 + 0,1 \frac{20,9}{3,4}) \frac{(18,54 - 5)}{5 + 50} = 1,4.$$

13. Рассчитываем значение касательной силы резания на дуге контакта при резании одной режущей кромкой

$$F_{x\text{ зуб}} = a_n a_w (\alpha_\rho p + ka) b = 1 \cdot 1 (1,4 \cdot 3,4 + 20,9 \cdot 0,6) \cdot 0,56 = 9,7 \text{ Н.}$$

14. Окружная расчетная сила резания на фрезе с учетом работы торцовых режущих кромок

$$F_{xо\text{ р}} = 1,05 F_{x\text{ зуб}} \frac{z\varphi_k}{360} = 1,05 \cdot 9,7 \frac{2 \cdot 180}{360} = 10,2 \text{ Н.}$$

15. Мощность, расходуемая на резание

$$P = \frac{F_{xо\text{ р}} V}{1000} = \frac{10,2 \cdot 1,26}{1000} = 0,0128 \text{ кВт.}$$

Для контроля мощность по эмпирической формуле

$$P = \frac{AS_o^{0,78} D^{1,2} t^{1,7}}{97550 \gamma^{0,06}} = \frac{0,015 \cdot (0,96 \cdot 2)^{0,78} \cdot 8^{1,2} 8^{1,7}}{97550 \cdot 35^{0,06}} = 0,0001 \text{ кВт.}$$

Наработка до отказа фрезы. Нарработкой до отказа называют продолжительность работы фрезы от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.

При использовании *двухэтапного способа* выборки гнезда длина рабочего участка концевой фрезы равна глубине гнезда. При наступлении отказа диаметр рабочего участка фрезы уменьшается, и фреза становится непригодной для дальнейшей работы. Получается, что цельную фрезу можно использовать только в течение одного периода стойкости. Такое использование режущего инструмента нерационально.

Двухэтапный способ выборки гнезда используется на обрабатывающих центрах и на станках сверлильно-пазовальных с ручной подачей. При использовании такого способа предпочтительно применять концевые фрезы со сменными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами [1].

При *непрерывном* способе выборки гнезда (на станках с кривошипно-шатунным механизмом боковой подачи) работа резания выполняется непрерывно торцовыми и боковыми режущими кромками фрезы. При этом средняя длина рабочей части боковых режущих кромок равна около 1 мм (в приведенном выше примере средняя ширина фрезерования, измеряемая по длине режущей кромки, равна 0,56 мм). Остальную часть длины режущих кромок назовем вспомогательной, которая, проникая в гнездо, только подчищает стенки.

С затуплением рабочей части боковых режущих кромок до $\rho_{\max} = 18,54$ мкм (согласно примеру) вспомогательная часть кромок остается достаточно острой. Диаметр фрезы на участке рабочей части боковых режущих стал недопустимо мал, а на вспомогательном участке – в пределах допуска. Отказ технологической системы по параметру “Точность” не наступает, так как вспомогательная часть боковых режущих кромок, проникая в глубину гнезда подчищает стенки, расширяет гнездо до требуемой нормы.

Таким образом, использование непрерывного способа выборки гнезд значительно расширяет наработку до отказа цельных концевых фрез.

Библиографический список

1. Глебов, И.Т. Обработка древесины методом фрезерования [Текст]: учеб. пособие/ И.Т. Глебов; Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. 192 с.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ЗАТУПЛЕНИЕ РЕЖУЩИХ КРОМОК ЛЕЗВИЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

BLUNTNES CUTTER PLATE OF WOOD CUTTING TOOL

Деревообрабатывающий станок и его режущий инструмент принято рассматривать как элементы технологической системы [1]. При эксплуатации технологической системы могут возникать отказы, неработоспособное состояние, когда значение хотя бы одного параметра или показателя качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции становятся несоответствующими требованиям, установленным в нормативно-технической или конструкторской, технологической документации.

В статье рассмотрено влияние режущего инструмента на параметрические отказы “Предельная энергоемкость обработки заготовки”, “Точность” и “Шероховатость”.

Мерой затупления режущих кромок лезвий принято считать величину их радиуса закругления, измеряемую в мкм. Острые кромки стального режущего инструмента имеют радиус закругления ρ , равный 4...6 мкм (для фрез) и 10 мкм (для пил).