

Мощность резания определяется по формуле:

$$P = F V z / 1000 \eta,$$

где z – количество режущих элементов;

η – КПД механизма резания ($\eta = 0,94$).

При получении технологической щепы и заготовки диаметром 150 мм с числом ножей $z=1$ имеем, м/с:

$$V = \pi d n / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 150 \cdot 300 / 60 \cdot 1000 = 2,4.$$

Мощность привода должна быть не менее, кВт:

$$P_{\text{дв}} = 965,8 \cdot 2,4 \cdot 1/1000 \cdot 0,94 = 2,5.$$

Предложенный способ имеет следующие преимущества:

- возможность получения технологической щепы;
- использование одного ножа позволит снизить энергозатраты на процесс оцилиндровки;
- высокое качества обработки;
- простота наладки механизма резания.

Недостаток способа – эффективность достигается за счет сортировки бревен вследствие жесткого крепления ножей.

А.С. Кравченко, С.Э. Бобровский
БГТУ, Минск, РБ

ОЦИЛИНДРОВКА ДРЕВЕСИНЫ СПОСОБОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ (CYLINDERING WOOD WAY CYLINDRICAL MILLING)

В представленной работе проведен расчет силовых показателей при оцилиндровке круглых лесоматериалов способом цилиндрического фрезерования и сформулированы выводы по существу данного вопроса.

In this study, we calculated the power indices for round timber cylindering cylindrical milling means and formulate conclusions on the merits of the issue.

Оцилиндровка древесины способом фрезерования не требует разработки специального фрезерного инструмента. В данном случае можно использовать фрезы сборные для обработки проушин и шипов по ГОСТу 11290-80, фрезы дисковые пазовые по ГОСТу 11291-81 и т.д. Можно использовать инструмент собственной конструкции, представляющий собой диск с установленными резцами, аналогичными, что и для чистового точения.

Расчет основных показателей.

Диаметр режущего инструмента подбирается из условия соблюдения скорости резания, которая должна находиться в пределах 20–30 м/с [1].

Скорость резания определяется зависимостью:

$$V_p = \pi D n / (60 \cdot 1000),$$

откуда

$$D = 60 \cdot 1000 V_p / (\pi n).$$

При использовании привода, имеющего частоту вращения 3000 мин⁻¹ диаметр фрезы составит, мм:

$$D = 60 \cdot 100 / (3,14 \cdot 3000) - (20 \div 30) = 127 \div 190.$$

Ширина режущей кромки должна быть не меньше высоты снимаемого припуска, что примерно составляет 10 мм. Количество режущих элементов можно принять от 2 до 6.

Расчет силовых показателей выполнен по методике, разработанной А.Л. Бершадским [2]. Касательная сила резания определяется по формуле:

$$F = (a_p p b + a k b) l^{\sim} / t, \text{ при } a > 0,1 \text{ мм,}$$

$$F = [(a_p - 0,8) p b + a b (k + 8p) l^{\sim} / t, \text{ при } a < 0,1 \text{ мм,}$$

где a_p – коэффициент, учитывающий состояние главной режущей кромки резца;
 p – удельная сила резания по задней грани резца, Н/мм;
 b – ширина контакта лезвия резца с обрабатываемым материалом, мм. В данном случае этот показатель будет равен высоте снимаемого припуска;

a – толщина стружки, мм;

k – удельная работа резания по передней грани резца, Н/мм²;

l^{\sim} – дуга контакта режущего элемента с объемом обработки, мм;

t – шаг зубьев фрезы, мм.

Удельная сила резания по задней грани резца определяется по следующей зависимости при фрезеровании, Н/мм:

$$\text{сосна: } P = 1,6 + 0,036 \psi,$$

$$\text{береза: } P = 1,9 + 0,04 \psi,$$

$$\text{дуб: } P = 2,1 + 0,046 \psi,$$

где ψ – угол перерезания волокон, град.

$$\psi = \Theta = a > c \sin \sqrt{h/D},$$

где h – высота припуска, мм;

d – диаметр окружности резания, мм.

Толщина стружки определяется по общеизвестной формуле, тогда удельная работа резания по передней грани резца определяется по следующей зависимости при обработке сосны, Н/мм²:

$$k = (0,2 + 0,004 \psi) \delta + (0,07 + 0,0015 \psi) v - (5,5 + 0,15 \psi);$$

березы

$$k = (0,25 + 0,005 \psi) \delta + (0,08 + 0,0018 \psi) v - (7,0 + 0,18 \psi);$$

дуба

$$k = (0,28 + 0,006 \psi) \delta + (0,09 + 0,0018 \psi) v - (7,0 + 0,18 \psi);$$

где δ – угол резания, град,

v – скорость резания, м/с.

Длина дуги контакта определяется по формуле:

$$l^{\sim} = h / \sin \theta,$$

где h – припуск на обработку, мм;

θ – кинематический угол встречи, град.

Шаг зуба определяется по формуле:

$$t = \pi d / z,$$

где z – число режущих элементов, шт.

Следует отметить, что при использовании метода фрезерования для оцилиндровки древесины следует определить суммарную силу резания, которая образуется в результате продольного перемещения обрабатываемой заготовки и поперечного, вызванного вращением фрезерного суппорта вокруг бревна. Расчетные формулы для поперечного фрезерования аналогичны продольному но с учетом поправочного коэффициента, равного 0,6.

Возможные энергозатраты при окорке древесины выполнены для условий, представленных в табл. 1. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Как видно из приведенных расчетов, наибольшие энергозатраты вызывают поперечные силы резания. Это вызвано наличием больших скоростей подачи базовой модели станка. Для уменьшения данного показателя необходимо предусмотреть снижение частоты вращения ротора.

Таблица 1

Условия расчета силовых показателей при оцилиндровке древесины методом фрезерования

Наименование показателей	Значение принятых величин
Первоначальный радиус затупления, мкм	5,0
Прирост радиуса затупления, мкм	40,0
Коэффициент, учитывающий состояние главной режущей кромки, a_p	2,6
Обрабатываемый материал	Сосна
Частота вращения фрезы n , мин ⁻¹	3000
Диаметр фрезы D_1 , мм	150
Скорость резания V_1 , м/с	24
Припуск на обработку $n(b)$, мм	10
Кинематический угол встречи $\theta(\psi)$, град	15
Угол резания δ , град.	60
Удельная сила резания по задней грани резца p , Н/мм ²	2,14
Удельная работа резания по передней грани резца k , Н/мм ²	13,96
Длина дуги контакта l , мм	38,8
Диаметр траектории вращения суппорта D_1 , мм	300
Скорость подачи в поперечном направлении U_{non} при $n_3 = 300$ мин ⁻¹	382,6

Таблица 2

Расчет сил и мощности резания при оцилиндровке древесины методом фрезерования при частоте вращения ротора $n = 300$ мин⁻¹

Наименование показателей	Скорость подачи, м/мин					
	12	16	24	30	40	60
1. При количестве режущих элементов $z = 2$						
1.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования:						
продольного	2,0	2,7	4,0	5,0	6,7	10,0
поперечного	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8
1.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования:						
продольного	0,52	0,701	1,03	1,29	1,73	2,58
поперечного	16,45	6,45	16,45	16,45	16,45	16,45
1.3. Шаг зуба t , мм	235,5					
1.4. Касательная сила резания F , Н, для фрезерования:						
продольного	21,2	25,3	32,9	38,9	49,1	68,7
поперечного	233,2	233,2	233,2	233,2	233,2	233,2

Наименование показателей	Скорость подачи, м/мин					
	12	16	24	30	40	60
1.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н	254,4	258,5	266,1	272,1	282,3	301,9
1.6. Мощность резания P_1 , кВт	6,1	6,2	6,4	6,5	6,8	7,3
2. При количестве режущих элементов $z = 4$						
2.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования:						
продольного	1,0	1,3	2,0	2,5	3,3	5,0
поперечного	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9
2.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования:						
продольного	0,26	0,34	0,52	0,65	0,86	1,29
поперечного	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23
2.3. Шаг зуба t , мм	117,8					
2.4. Касательная сила резания F , Н: для фрезерования:						
продольного	30,3	4,02	42,3	48,3	58,0	77,8
поперечного	238,6	38,6	238,6	238,6	238,6	238,6
2.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н	268,9	272,4	280,9	286,9	296,6	316,4
2.6. Мощность резания P_1 , кВт	6,6	6,5	6,7	6,9	7,1	7,6
3. При количестве режущих элементов $z = 6$						
3.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования:						
продольного	0,7	0,9	1,3	1,7	2,2	3,3
поперечного	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
3.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования:						
продольного	0,17	0,23	0,34	0,43	0,57	0,86
поперечного	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48
3.3. Шаг зуба t , мм	78,5					
3.4. Касательная сила резания F , Н, для фрезерования:						
продольного	39,3	43,4	51,0	57,3	66,9	87,0
поперечного	244,0	244,0	244,0	244,0	244,0	244,0
3.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н	283,3	267,4	295,0	301,3	310,9	331,0
3.6. Мощность резания P_1 , кВт	6,8	6,9	7,1	7,2	7,5	7,9

Процесс фрезерования позволяет осуществить оцилиндровку бревен с получением высокого качества обработки и правильной формы сечения обрабатываемого бревна. Недостатком данного метода является сложность механизма резания и повышенная энергоёмкость.

Библиографический список

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии изготовления, подготовки к эксплуатации инструмента фрезерно-брусующих машин серии БРМ», тема 83–84. – Минск: БТИ, 1985.
2. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975.