

Пример. Дано. Корпус хвостовой фрезы диаметром 14 мм выполнен из стали марки 45 по ГОСТ 1050-88 и термически обработан. Предел текучести стали $\sigma_T = 440$ МПа. Число циклов нагружений $n_o = 10^7$, $n_1 = 10^2$. Силы резания $F_x = 100$ Н, $F_z = 80$ Н. Плечо приложенных сил $L = 40$ мм.

Определить предел выносливости корпуса фрезы при $m = 4$.

Решение. 1. Предел выносливости

$$\sigma_D = (\sigma_T^m \frac{n_1}{n_o})^{\frac{1}{m}} = (440^4 \frac{10^2}{10^7})^{\frac{1}{4}} = 24,7 \text{ МПа.}$$

2. Изгибающие и крутящие моменты от сил резания

$$M_{ux} = F_{x \text{ max}} L = 100 \cdot 40 = 4000 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_{uy} = F_{z \text{ max}} L = 80 \cdot 40 = 3200 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_{кр} = F_{x \text{ max}} r = 100 \cdot 7 = 700 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

3. Приведенный момент в опасном сечении

$$M_{np} = \sqrt{M_{ux}^2 + M_{uy}^2 + 0,45M_{кр}^2} = \sqrt{4000^2 + 3200^2 + 0,45 \cdot 700^2} = 5144,0 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

4. Момент сопротивления корпуса фрезы

$$W_x = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^3}{4} = 269 \text{ мм}^3.$$

5. Напряжения в опасном сечении корпуса

$$\sigma_{\text{max}x} = \frac{M_{np}}{W_x} = \frac{5144,0}{269} = 19,1 \text{ МПа};$$

Вывод. Максимальные пульсирующие нормальные напряжения меньше напряжений предела выносливости, следовательно, фреза при заданном режиме работы может работать с неограниченным числом циклов нагружений.

Библиографический список

1. Рудак П.В., Гриневич С.А. Влияние состояния режущей кромки концевой фрезерного режущего инструмента на коэффициент запаса по критерию усталостной прочности// Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды II международного евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2007.
2. Грубе А.Э., Санев В.И. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий. М.: Лесн. пром-сть, 1973. 384 с.

И.Т. Глебов, В.В. Глебов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
GIT5@yandex.ru

ВЫБОР ДЕЛИТЕЛЬНОГО КРУГЛОПИЛЬНОГО СТАНКА (THE CHOICE OF THE SEPARATORY ROUND-SAW MACHINE TOOL)

В статье рассмотрены круглопильные станки с нижним и верхним положением пильного вала, особенности стружкообразования при пилении и доказано, что при вы-

боре типа станка предпочтение следует отдавать станкам с верхним положением пильного вала.

The points of the article are round-saw machine tools with lower and upper position of the cutting shaft, special features of chip forming during sawing, and it is proved that when you choose the type of the machine tool you should prefer the machine tools with upper position of the cutting shaft.

На российском рынке для продольного деления пиломатериалов на заготовки предлагаются круглопильные станки с нижним и верхним положением пильного вала. Каждый тип станка имеет свои достоинства и недостатки. Известны критерии для рационального выбора станка. Ниже рассмотрен один из них.

Рассмотрим характер стружкообразования при продольном пилении древесины. Пусть пила одновременно совершает оба рабочих движения: главное и подачи со скоростями V и V_s соответственно. Угол между направлениями указанных скоростей называют углом подачи μ (рис. 1). По положению зуба пилы относительно волокон древесины на дуге контакта при пилении можно выделить несколько зон. В каждой зоне условия пиления древесины разные, и это отражается на качестве обработанной поверхности и на величине сил резания.

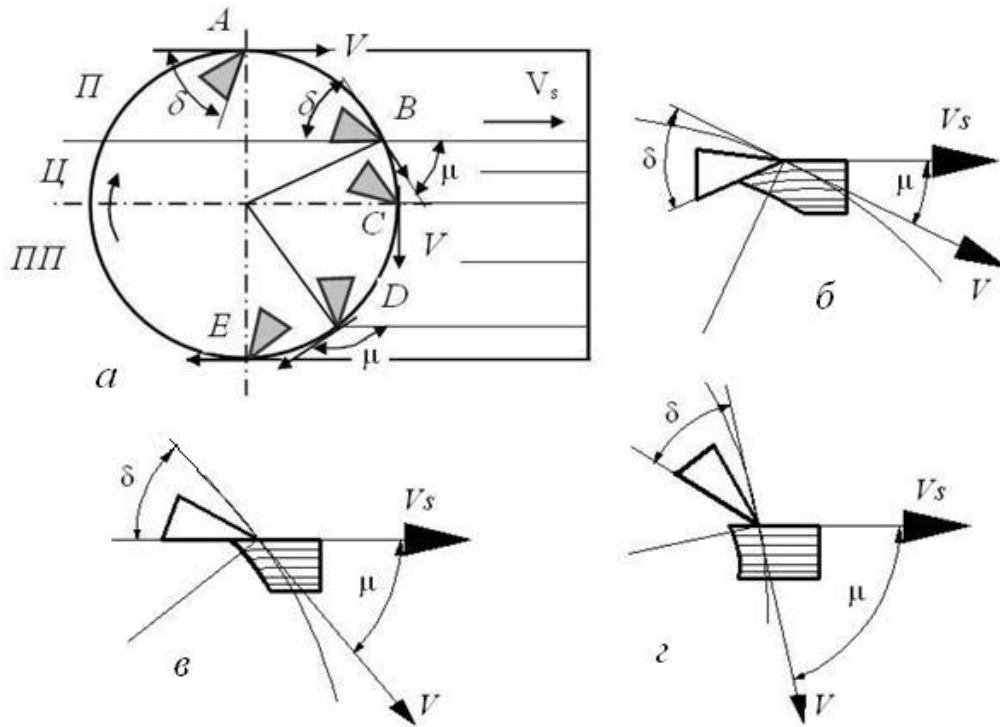


Рис. 1. Условия продольного пиления древесины:
 а – общая схема; б – на дуге АВ; в – в точке В; г – на дуге ВДЕ

При врезании режущей кромки зуба пилы в древесину в точке A угол подачи $\mu = 0^\circ$, равно как и угол встречи с волокнами древесины, измеряемый под плоскостью резания между вектором скорости главного движения V и волокнами древесины, $\varphi_в = 0^\circ$. Происходит продольное резание, которое затем переходит в продольно-торцовое резание.

На участке AB дуги контакта угол подачи μ меньше угла резания зуба пилы δ . Эту зону назовем периферийной Π . В периферийной зоне основную работу по отделе-

нию стружки выполняет передняя поверхность зуба (рис. 1,б). Волокна древесины срезаемого слоя сначала упираются в переднюю поверхность, сжимаются и изгибаются ею, как консольно закрепленная балка. Затем изогнутые волокна встречаются с режущей кромкой, которая надрезает их, после чего передняя поверхность оттесняет стружку от дна пропила. Таким образом, происходит сначала сжатие и изгиб волокон, а затем их надрезание. Передняя поверхность зуба пилы стремится оторвать срезаемый слой в плоскости волокон древесины. Перед режущей кромкой может образоваться опережающая трещина, направленная в массив.

В точке B дуги контакта $\mu = \varphi_6 = \delta$, и передняя поверхность зуба расположена параллельно волокнам древесины. Здесь резание переходит в центральную зону C (рис. 1,в). Расстояние от горизонтальной диаметральной плоскости пилы до уровня начала центральной зоны $h_2 = \frac{D}{2} \cos \delta$.

В центральной зоне на участке дуги BC $\delta \leq \mu \leq 90^\circ$ (рис. 1,г). В этой зоне волокна древесины сначала перерезаются главной режущей кромкой, а затем передняя поверхность их начинает отодвигать от дна пропила. Организация процесса резания стала более благоприятной. Однако в центральной зоне резание древесины приближается к торцовому, что значительно затрудняет перерезание волокон. Сопротивление резанию увеличивается и достигает максимального значения в точке C , где выполняется чисто торцовое резание. При затупившейся режущей кромке перерезать волокна древесины становится все труднее.

При пилении круглой пилой различают два вида пиления: встречное и попутное. Если оба рабочих движения (главное и подачи) выполняются пилой, то:

- при $0 \leq \mu \leq 90^\circ$ выполняется встречное пиление;
- при $90^\circ \leq \mu \leq 180^\circ$ происходит попутное пиление.

В точке C пиление из встречного переходит в попутное ПП, зона которого расположена на дуге CDE . В этой зоне условия перерезания волокон режущей кромкой зуба пилы благоприятные, угол подачи $90^\circ \leq \mu \leq 180^\circ$. При подходе к точке E резание переходит от торцового к продольному, силы резания уменьшаются. Условия пиления становятся более благоприятными. Однако, если на выходе зубьев пилы отсутствует достаточный подпор волокон, то на обратной стороне доски образуются сколы.

Рассмотрим условия пиления на станках с нижним положением пильного вала и с верхним положением пильного вала (рис. 2). В станках с нижним положением пилы пильный вал расположен под столом станка, и пиление происходит верхней частью диска пилы. В станках с верхним положением пильного вала пила расположена над столом станка, над заготовкой и пиление осуществляется нижней частью диска пилы. Примем для обоих станков максимальную высоту пропила 80 мм, диаметр пилы 360 мм, угол резания зуба $\delta = 55^\circ$, пиление встречное.

Если считать, что наилучшие условия пиления происходят в центральной зоне, когда угол подачи больше угла резания зуба пилы, т.е. $\mu \geq \delta$, то для станка с нижним положением пильного вала максимальная высота пропила в центральной зоне

$$\begin{aligned} t_{\max} &= h_2 - h, \\ t_{\max} &= \frac{D}{2} \cos \delta - h, \end{aligned} \quad (1)$$

где h – расстояние от центра пилы до стола, $h = 90$ мм;

t_{\max} – высота пропила заготовки, распиливаемой центральной зоной пилы, мм;

D – диаметр пилы, мм.

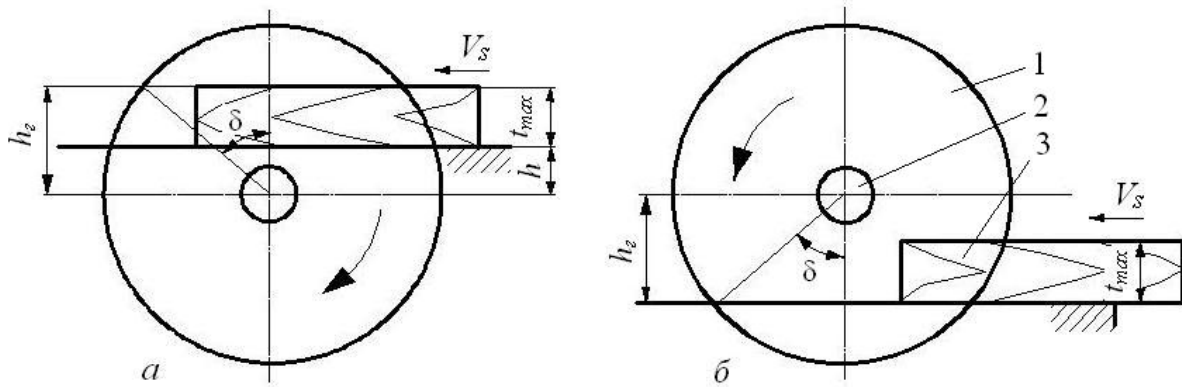


Рис. 2. Схемы пиления на станках:
 а – с нижним положением пилы; б – с верхним положением пилы: 1 – пила; 2 – зажимной фланец; 3 – заготовка

Для заданных условий

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - h = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - 90 = 13,2 \text{ мм.}$$

Для станка с верхним положением пильного вала максимальная высота пропила, обрабатываемая центральной зоной пилы, находится так:

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10, \quad (2)$$

где D_ϕ – диаметр зажимного фланца, $D_\phi = 100$ мм;

10 – зазор между заготовкой и зажимным фланцем.

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10 = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - \frac{100}{2} - 10 = 43,2 \text{ мм.}$$

Это означает, если распиливается заготовка толщиной 80 мм, то:

– для станка с нижним положением пильного вала нижняя часть заготовки толщиной $t_{\max} = 13,2$ мм распиливается центральной зоной пилы с благоприятными условиями перерезания волокон; остальная часть толщины заготовки распиливается в менее благоприятных условиях с повышенными затратами энергии;

– для станка с верхним положением пильного вала верхняя часть заготовки толщиной $t_{\max} = 43,2$ мм распиливается центральной зоной пилы с благоприятными условиями перерезания волокон, а остальная часть – в менее благоприятных условиях.

В станках с верхним положением пильного вала пильный суппорт с пилой при настройке можно перемещать по высоте и уровень центральной зоны можно максимально приблизить к поверхности стола. Эти станки позволяют максимально задействовать центральную зону пилы при пилении.

Максимальную высоту пропила в центральной зоне можно увеличить с увеличением диаметра пилы. Так для пилы диаметром $D = 500$ мм и $D_\phi = 125$ мм по формуле (2) получим

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10 = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - \frac{125}{2} - 10 = 70,9 \text{ мм.}$$

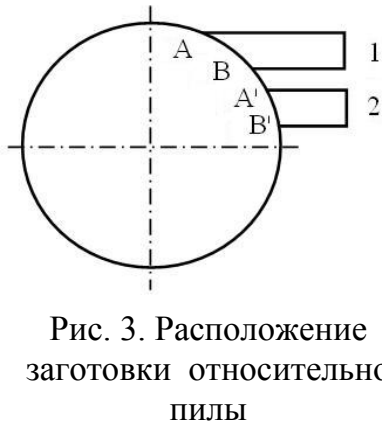


Рис. 3. Расположение заготовки относительно пилы

Известно, что износ режущих кромок зубьев пилы зависит от длины пути контакта зубьев в заготовке. Зубья круглой пилы совершают в заготовке дугообразные траектории (рис. 3).

Заготовку можно расположить относительно центра пилы в положение 1 или 2. Тогда длина дуги контакта зуба пилы с заготовкой будет соответственно AB или $A'B'$. Ясно, что дуга AB длиннее дуги $A'B'$. Если длину дуги контакта обозначить символом l , то за время T между переточками величина затупления режущей кромки зуба будет равна, мкм:

$$\Delta\rho = \gamma_{\Delta} l n T K_n K_u / 1000,$$

где γ_{Δ} – величина затупления лезвия на 1 м пути, мкм/м;

n – частота вращения пилы, мин^{-1} ;

K_n, K_u – соответственно коэффициент производительности и использования станка.

Отсюда можно сделать следующий вывод: при пилении древесины центральной зоной пилы затупление зубьев происходит медленнее, а, следовательно, энергозатраты и мощность электродвигателя механизма пиления будут меньше.

При выборе типа круглопильного станка предпочтение следует отдать станку с верхним положением пильного вала. Они позволяют опускать пилу при настройке и максимально задействовать в работе центральную зону пилы.

Проведенные недавно в БГТУ (г. Минск) исследования В.Т. Лукаш, С.А. Гриневич по пилению ламинированных древесностружечных плит на станке с нижним положением пильного вала полностью подтверждают наши предположения (рис. 4). Графики показывают, чем больше выход диска пилы из пропила, чем ближе заготовка расположена к центру пилы, тем меньше затрачиваемая мощность на пиление плит. Здесь одновременно проявляется влияние характера стружкообразования и затупления режущих кромок зубьев пилы.

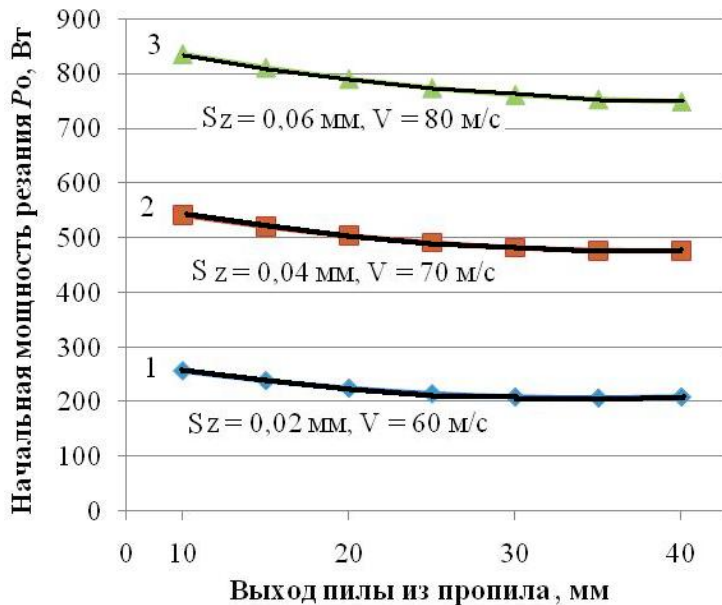


Рис. 4. Влияние выхода пилы из пропила на мощность пиления ЛДСП