

УДК 674.023

Л.Т. Свиридов, В.П. Ивановский, А.В. Ивановский

К НАЛАДКЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ, ОСНАЩЕННЫХ РЕЖУЩИМ ДИСКОМ

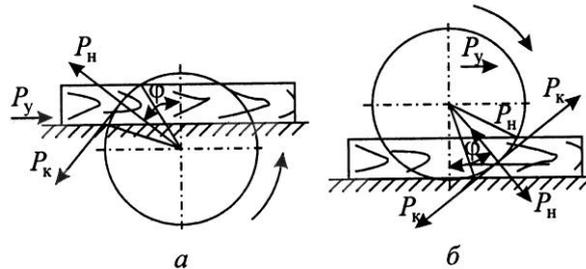
Рассмотрены особенности наладки и настройки круглопильных и фрезерных универсальных деревообрабатывающих станков, оснащенных режущим диском; приведены необходимые сведения о режимах разрезания древесины мягких лиственных пород.

Ключевые слова: режим резания, режущий диск, круглопильный станок, фрезерный станок.

Режущие диски используются взамен дисковых пил для бесстружечного разрезания мягколиственной древесины на универсальных круглопильных, фрезерных, торцовочных позиционных станках. Их применение позволяет сделать этот процесс малоотходным, энергоемким, производительным; качество разделяемых поверхностей сопоставимо лишь с фрезерованием древесины. Однако на практике осуществление процесса разрезания сдерживается отсутствием обоснованных режимов, необходимостью тщательной наладки и настройки инструментов на станках. В ВГЛТА бесстружечное разрезание мягколиственной древесины было проведено в лабораторных, а затем и в производственных условиях. Тщательная настройка станков, оснащенных режущим диском, является важным элементом в назначении рациональных режимов резания древесины. Решающим фактором при этом выступает частота вращения режущего диска [2].

В ходе экспериментальных исследований частотных характеристик режущих дисков в лабораторных условиях использовали универсальные станки: фрезерный ФСШ-1А, комбинированный КС-2, торцовочный ЦПА-40. Частоты собственных колебаний системы вал–диск определяли на универсальном станке КС-2 методом свободных колебаний. Колебания системы регистрировали с помощью электротензометрической аппаратуры, осциллографа и записывали на светочувствительную бумагу с показаниями отсчетчика времени. Резонансные состояния вала и изменение частот вращения шпинделя контролировали с помощью преобразователя частоты тока ТПТР-10. Собственные частоты определяли по числу оборотов в момент возрастания амплитуды колебаний. Установлено, что прогиб пильного вала повышается лишь при частоте вращения более 3000 мин⁻¹. Колебания корпуса инструмента значительно изменяют его напряженное состояние, оказывая влияние на точность и качество обработанной поверхности. Явление резонанса возможно при совпадении частот собственных колебаний и внешних. Для «отдаления» режущего диска от резонанса, прежде всего, необходимо было уточнить частоту его собственных колебаний. Критическая частота вращения наблюдается практически через каждую тысячу оборотов в минуту,

Рис. 1. Схемы сил сопротивления резанию с нижним (а) и верхним (б) расположением пильного вала



а относительная длина участков оказывает незначительное влияние на динамическое состояние системы вал–диск и ухудшается при смещении диска от геометрического центра пильного вала. Поэтому рабочий вал с режущим диском перед эксплуатацией необходимо строго центрировать и, по возможности, проводить динамическую балансировку с вращающимся диском, чтобы предотвратить явление резонанса на скоростных режимах эксплуатации.

Другой важной характеристикой режима резания является скорость подачи заготовки. Исходная зависимость

$$P_d < \sum P_{c.п}, \quad (1)$$

где P_d – допустимое усилие подачи рабочего (до 100 Н);

$\sum P_{c.п}$ – сумма сил сопротивления подаче материала.

На рис. 1 приведены аналитические зависимости для определения силы сопротивления подаче материала на круглопильном станке с нижним и верхним расположением диска.

Сумму сил сопротивления при подаче найдем, используя следующие выражения [1]:

$$\sum P_{c.п} = P_i + (D_{\dot{e}} + Q)f; \quad (2)$$

$$\sum P_{c.п} = P'_i \sin \varphi - P'_e \cos \varphi, \quad (3)$$

где P_n – нормальная сила;

P_k – касательная сила;

Q – сила тяжести заготовки;

f – коэффициент трения скольжения, $f = 0,25 \dots 0,50$.

P'_n , P'_k – силы, равные нормальной и касательной силам и действующие со стороны материала на инструмент;

$\varphi = \varphi_k / 2$;

φ_k – угол дуги контакта,

$$\varphi_k = \arccos(1 - h/R); \quad (4)$$

h – толщина разделяемого материала в круглопильных станках с нижним расположением пилы;

R – радиус резания.

Тогда

$$\sum P_{c.п} = P_e \cos \varphi_{cp} + P_i \sin \varphi_{cp} + [(P_e \sin \varphi_{cp} - P_i \tilde{n} \cos \varphi_{cp}) + Q + P_{i0}] f \quad (5)$$

или

$$\sum P_{c.п} = P_e \cos \varphi + P_i \sin \varphi + [(P_e \sin \varphi - P_i \tilde{n} \cos \varphi) + Q + P_{i0}] f. \quad (6)$$

Таблица 1

Обработка	Значение коэффициента a при продолжительности работы инструмента, ч							
	1	2	3	4	6	8	10	14
Пиление ленточными пилами	0,2	0,3	0,4	0,5	–	–	–	–
Распиловка круглыми пилами:								
поперечная	0,4	0,6	0,8	1,0	–	–	–	–
продольная	0,2	0,4	0,6	0,8	–	–	–	–
Фрезерование	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Разрезание дисками	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	–	–

Здесь $P_{пр}$ – сила прижима;

$$\varphi_{ср} = \frac{1}{2} \left(\arccos \frac{h_c}{R} + \arccos \frac{h_c + h}{R} \right); \quad (7)$$

h_c – расстояние от пилы до плоскости стола.

В приведенных выше зависимостях P_n может быть выражено через P_k :

$$P_n = aP_k, \quad (8)$$

где a – коэффициент, зависящий от продолжительности работы инструмента (табл. 1) [1, 3].

Исходная зависимость (1) решается относительно P_k как уравнение с одним неизвестным.

Наладка дереворежущего оборудования и рабочий режим эксплуатации должны выбираться с учетом особенностей используемого инструмента: частоты вращения (до 1000 мин⁻¹); скорости подачи (4,5...10,0 м/мин); средней скорости резания (до 45 м/с) [2, 3]. Направление движения режущих элементов диска у всех станков с нижним расположением пильного вала должно быть таким, чтобы диск прижимал разрезаемую древесину к поверхности стола. При этом независимо от расположения диска относительно распиливаемого материала (сверху или снизу) направление вращения диска должно быть противоположно направлению подачи пиломатериала. В противном случае режущие элементы диска будут захватывать заготовку и выбрасывать ее в сторону работающего.

За диском устанавливается расклинивающий нож, толщина которого должна превышать толщину полотна диска вместе с поднутрением на 0,5 мм. В передней части расклинивающий нож делают тоньше. Устанавливают его в плоскости диска на расстоянии не более 5 мм от максимальной окружности резания диска.

При продольной распиловке заготовок применяют направляющую линейку. Ее обычно устанавливают с правой стороны, параллельно плоскости режущего диска, на расстоянии, равном ширине отпиливаемой заготовки. На некоторых моделях круглопильных станков (например на станке Ц-6), помимо установки направляющей линейки вручную, используют микрометрическую установку при помощи винта. Не следует применять направляющие линейки, выходящие за линию оси пильного вала, во избежание заклинивания отпиливаемой заготовки между направляющей линейкой и расклинивающим ножом.

Таблица 2

Что проверяется	Применяемый инструмент	Допускаемое отклонение, мм
Плоскостность рабочей поверхности стола на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп, калибровальные плитки	0,1
Прямолинейность рабочей поверхности продольной направляющей линейки на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп	0,2
Параллельность рабочей поверхности продольной направляющей линейки и направления перемещения поперечной линейки плоскости вращения пильного диска на длине 1000 мм	Контрольный диск, индикатор со струбциной, штихмас	0,25
Перпендикулярность рабочей поверхности стола плоскости вращения пильного диска на длине 100 мм	Угольник, щуп, контрольный диск	0,1
Горизонтальность рабочей поверхности стола в различных его положениях по высоте	Уровень	0,2
Радиальное биение шейки пильного вала (посадочного места под диск)	Индикатор на стойке	0,05
Торцовое биение рабочей поверхности опорной шайбы пильного вала на длине 100 мм	Индикатор на стойке	0,02

Ширина щели для диска в деревянном вкладыше из твердой породы древесины или металла не должна быть более 5 мм. Вкладыш должен плотно входить в отверстие стола станка, а его рабочая поверхность лежать в одной плоскости с рабочей поверхностью стола.

При проверке на точность круглопильных станков типа Ц-6, оснащенных режущим диском, рекомендуется руководствоваться нормами, приведенными в табл. 2 [3].

Наладка фрезерного станка с нижним расположением шпинделя включает следующие операции: крепление шпиндельной насадки; крепление режущего инструмента и регулирование положения его режущих элементов; установку направляющего устройства; контроль наладки пробной обработкой детали.

Шпиндельную насадку выбирают в зависимости от размеров режущего инструмента. Насадки различаются по посадочному диаметру под отверстие в насадном режущем инструменте и длине, которая зависит от высоты устанавливаемого инструмента и характера обработки. Наиболее распространены следующие диаметры посадочных отверстий фрезерного дереворежущего инструмента: 22, 27 и 32 мм.

Таблица 3

Что проверяется	Применяемый инструмент	Допускаемое отклонение, мм
Плоскостность рабочей поверхности стола на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп, калиброванные плитки	0,1
Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя: у основания оправки на расстоянии 200 мм от основания	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,02
Осевое биение шпинделя	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,05
Перпендикулярность рабочей поверхности стола к оси шпинделя на радиусе 300 мм	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор со струбциной, проверочная линейка, калиброванные плитки	0,03
Параллельность оси шпинделя направлению перемещения суппорта шпинделя на длине 100 мм в продольной и поперечной плоскостях	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,06
Соосность шпинделя и неподвижного направляющего кольца стола	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор со струбциной	0,05
Прямолинейность и расположение рабочей поверхности направляющего угольника в одной плоскости на длине 500 мм	Поверочная линейка, щуп, калиброванные плитки	0,5
Перпендикулярность рабочих поверхностей направляющего угольника рабочей поверхности стола на длине 100 мм	Контрольный угольник, щуп	0,05

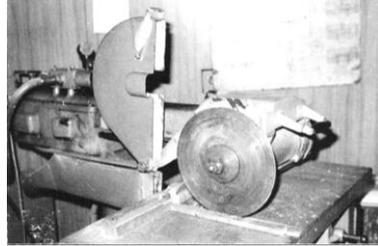
Для обеспечения необходимой точности обработки фрезерный станок, оснащенный режущим диском, должен соответствовать нормам, приведенным в табл. 3 [3].

На фрезерном станке, соответствующем приведенным нормам точности и правильно налаженном, обеспечивается равномерность ширины и параллельное расположение по отношению к базовой поверхности заготовки (рис. 2).



Рис. 2. Процесс разрезания заготовки осины на станке ФСШ-1А

Рис. 3. Производственные испытания режущих дисков на торцовочном станке ЦПА-40



Процесс обработки и влияние затупления инструмента на точность поперечного деления заготовок тополя сечением 80×15 мм режущим диском на станке ЦПА-40 показаны на рис. 3, 4.

Запишем уравнение износа:

$$i = a^p \sqrt{S}, \quad (9)$$

где i – линейный износ инструмента;

a, p – параметры, зависящие от режимов резания и материала резцов;

S – путь резания, м.

Износ инструмента характеризуется кривой с постепенно снижающейся интенсивностью. Разбивая весь период износа на интервалы, строили кривые распределения для каждой партии деталей, а путем сложения ординат – общую кривую распределения для всей партии изделий.

Поле рассеивания результатов

$$2S = 3(\sigma + \sigma_r) + i; \quad (10)$$

где σ и σ_r – среднее квадратичное отклонение размеров деталей соответственно для острого и притупленного диска;

i – линейный износ инструмента.

Из диаграммы (рис. 4) видно, что максимальный износ инструмента происходит на срединном этапе приработки, затем процесс износа несколько стабилизируется, но при этом резко возрастают силы трения, интенсивно нагревается инструмент. Это может способствовать потере его устойчивости, так как неравномерный нагрев повышает тепловые деформации инструмента, изменяет его форму и приводит к геометрическим погрешностям обработки. Для устранения этих деформаций необходим тщательный выбор параметров инструмента и оптимальный режим резания.

Суммарная ошибка механической обработки включает два основных вида погрешностей: геометрические погрешности инструмента (возникающие при изготовлении или заточке) и погрешности деформаций (температурные):

$$\sum \Delta = \sqrt{\Delta_a^2 + A^2}, \quad (11)$$

где Δ_r – геометрические погрешности инструмента [3];

A – «биение» инструмента при затуплении (рис. 4).

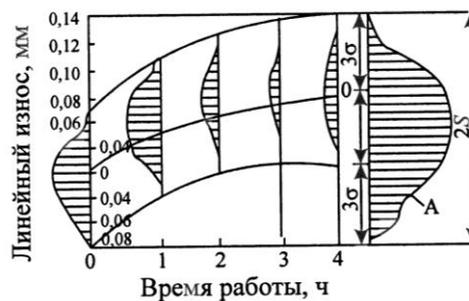


Рис. 4. Распределение погрешностей при резании диском по мере его износа

Выводы

Неудовлетворительное качество разрезания мягколиственной древесины может быть вызвано целым рядом причин.

1. *Покоробленность распиливаемого пиломатериала.* Во время сушки пиломатериалы, особенно твердых лиственных пород, сильно коробятся. Если неправильно расположить покоробленную заготовку на рабочей поверхности стола станка, то в процессе деления она под действием сил резания может изменять свое положение относительно стола. Это служит причиной непрямолинейности реза, а иногда и заклинивания режущего диска. Чтобы этого не случилось, необходимо устойчиво располагать заготовки на столе станка, тщательно выверять опорную поверхность станка.

2. *Непараллельность направления подачи плоскости вращения пильного диска.* Непараллельность рабочей поверхности направляющей линейки плоскости вращения пильного диска приводит к получению заготовок различной ширины по длине, а иногда к заклиниванию заготовки между направляющей линейкой и режущим диском. Этот недостаток устраняется параллельным расположением рабочей поверхности направляющей линейки по отношению к плоскости пильного диска с отклонением, не выходящим за пределы, предусмотренные нормами точности.

3. *Недопустимое торцевое биение режущего диска.* Повышенное торцевое биение (свыше 0,5 м) вызывает вибрацию диска и заготовки, что приводит к поперечному смещению заготовки и получению деталей неодинаковой ширины по длине. Необходимо устранять торцевое биение опорной зажимной шайбы, выходящее за пределы допустимых норм, а также следить за правильностью подготовки диска к работе.

4. *Затупление диска.* В результате затупления режущих кромок возникает повышенное трение пильного диска о стенки прореза; диск нагревается, теряет устойчивость, а это приводит к некачественному распиливанию. Не рекомендуется работать диском свыше 4 ч при разрезании древесины мягких пород влажностью 8...12 %. Своевременная заточка обеспечивает более длительный срок службы диска, снижает потребляемую на резание мощность и усилие подачи, а также процент брака, отпадает необходимость в мощной пневмотранспортной системе. Перспективно создание самозатачивающихся режущих инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев П.С.* Деревообрабатывающие машины. – М: ВНИИПП, 1966. – 607 с.
2. *Ивановский В.П.* Бесстружечное резание древесины мягких пород. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 180 с.
3. *Свиридов Л.Т., Ивановский В.П.* Резание древесины различной прочности. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 200 с.

L.T. Sviridov, V.P. Ivanovsky, A.V. Ivanovsky

On Setup of Woodworking Machines Equipped with Saw Blade

The peculiarities of setup and adjustment of circular cut-off and milling multipurpose woodworking machines equipped with a saw blade are considered; the necessary data on cutting modes of soft deciduous species are provided.

Keywords: cutting mode, saw blade, circular cut-off machine, milling machine.