

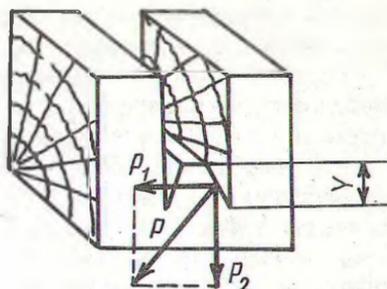
ЧАН КУАНГ ВИНЬ, аспирант,
А.П.МАТВЕЙКО, канд.техн. наук (БТИ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ

К настоящему времени на основе многочисленных исследований установлены наиболее рациональные параметры процесса пиления древесины круглыми пилами, а также линейные и угловые параметры зубьев. Однако дальнейшая интенсификация процесса пиления такими пилами путем увеличения подачи на зуб вызывает резкое ухудшение чистоты поверхности распила, что нежелательно, так как значительно возрастают припуски на последующую обработку, а следовательно, и потери древесины. Обусловлено это характером взаимодействия зубьев пилы с древесиной. Так, при продольном пилении древесины стандартными круглыми пилами зубья пилы своей главной режущей кромкой и передней гранью оказывают давление на древесину. В результате в зоне контакта в древесине происходит вначале уплотнение (смятие), а затем перерезание волокон, отрыв стружки по боковым граням и ее удаление из пропила. При уплотнении на поверхности древесины и в пропилах, и том числе и у боковых режущих кромок, по мере продвижения зубьев возникают опережающие торцовые трещины, уходящие в толщину материала [1]. При образовании опережающих трещин зуб пилы, уплотняя древесину, одновременно сдвигает ее на какую-то величину относительно остальной древесной массы, расположенной сбоку от действия главной режущей кромки. Разрушение древесины здесь происходит ненаправленно по наиболее слабым связям между волокнами.

Очередной зуб, входя в пропил, соприкасается уже не с цельной, а с деформированной древесиной, но он также вначале уплотняет ее, за счет чего опережающие трещины углубляются, затем происходит отрыв волокон у боковых режущих кромок, срезание стружки и ее удаление. От действия главной режущей кромки происходит деформация древесины, распространяющаяся как в направлении подачи или в направлении волокон, так и в плоскости, перпендикулярной волокнам. При этом происходит отрыв срезаемых волокон от остальной древесины и за счет этого возникает поверхность пропила. Ненаправленный отрыв волокон с боков от главной режущей кромки распространяется на глубину опережающих трещин. Опережающие трещины в направлении волокон по длине всегда больше средней толщины стружки, они могут иногда достигать 7–8 мм и пронизывают срезаемый слой по всей его толщине. В результате боковые кромки зубьев пилы лишь частично срезают те неровности, которые возникли от разрыва волокон и соприкасаются с зубьями пилы. Поэтому поверхность пропила имеет ворсистость и неровности, которые тем больше, чем больше подача на зуб, так как боковые режущие кромки зуба в процессе пиления имеют точечное соприкосновение с боковой поверхностью пропила. Наличие ворсистости вынуждает увеличивать развод зубьев, чтобы не было зажима пилы в пропилах. При этом увеличивается ширина пропила, что приводит к росту энергозатрат и потерь древесины в опилки.

Рис. 1. Скол стружки при поперечном пилении древесины



Кроме того, увеличиваются припуски на последующую обработку, а на выходе зубьев из пропила возникает отщеп, величина которого зависит прежде всего от подачи на зуб и колеблется в широких пределах.

Таким образом, при продольном пилении древесины стандартными пилами поверхности распила формируются опережающими трещинами, возникающими с боков под действием главной режущей кромки и передней грани зубьев пилы и создающими плоскости раздела. Взаимодействие же боковых режущих кромок с древесиной при пилении практически точечное. При этом волокна древесины не перерезаются полностью, а изгибаются и выламываются из массива древесины. В результате на поверхности распила образуются сравнительно большие неровности и ворсистость.

При поперечном пилении древесины стандартными круглыми пилами боковые поверхности распила образуются боковой режущей кромкой, которая уплотняет древесину и затем перерезает волокна. Главная же режущая кромка перерезает волокна древесины в зоне пропила под некоторым углом к плоскости раздела, удаляет из пропила образовавшуюся стружку и не влияет на чистоту поверхности распила. При этом каждый зуб в направлении вращения пилы срезает цельную древесину, а в направлении подачи — уже деформированную [1, 2]. От толщины стружки, углов резания и остроты зубьев зависит глубина опережающих трещин, которая превосходит толщину стружки и наблюдается в направлении волокон больше, чем в направлении поперек волокон (направлении подачи). Однако глубина опережающих трещин на поверхностях распила при поперечном пилении меньше, чем при продольном, из-за специфических особенностей поперечного пиления древесины.

При поперечном пилении древесины главная режущая кромка зубьев является стружкообразующей. Она формирует дно пропила. Благодаря боковой заточке зубьев главная режущая кромка не перпендикулярна плоскости пилы, а составляет с ней острый угол. Вследствие этого дно пропила получается в виде клина. По мере углубления надрезов (без образования стружки) передняя грань зуба, обращенная в сторону пропила, отжимает древесину между надрезами какой-то силой P_1 (рис. 1) и при достаточном углублении α скалывает часть древесины, находящуюся между надрезами, вдоль волокон. Пропил образуется путем скола древесины между надрезами то вправо, то влево разведенными зубьями пилы, что положительно сказывается на чистоте поверхности распила.

В отличие от пил для продольной распиловки в пилах для поперечной распиловки из-за наличия боковой заточки передней грани зубьев стружка плохо размещается во впадинах. Все опилки при различных толщинах срезаемой

стружки отбрасываются ко дну пропила силой инерции. В этом случае нет сил, которые способствовали бы продвижению опилок к основанию зуба пилы.

Таким образом, при поперечном пилении древесины стандартными пилами поверхность распила формируется боковыми режущими кромками зубьев, которые перерезают волокна древесины, и взаимодействие этих кромок с древесиной в процессе пиления не точечное (как при продольном пилении), а в общем случае по некоторой линии, которая будет тем больше, чем больше подача на зуб и угол резания. В результате боковые поверхности распила имеют меньшую ворсистость благодаря меньшей деформации волокон. Следовательно, при поперечной распиловке при прочих равных условиях потребуются меньшая величина развода зубьев на сторону. Этот вывод подтверждается практическими рекомендациями по уширению режущего венца круглых пил [3, 4]. Так, для круглых пил диаметром 560–630 мм уширение режущего венца на сторону составляет для древесины хвойных пород влажностью более 30 % 0,8 мм при продольной распиловке и 0,5 мм при поперечной.

На основании изложенного выше следует, что для совершенствования процесса пиления древесины конструкция зубьев пилы должна быть такой, которая бы воплощала в себе достоинства того и другого типов профилей зубьев стандартных круглых пил для пиления древесины. В этом случае пила должна иметь режущие зубья для формирования стенок пропила, обеспечивающие взаимодействие режущих кромок с древесиной по линии независимо от вида пиления, и скалывающие зубья для перерезания волокон древесины в пропилах и для транспортирования образовавшейся стружки (опилок) из пропила. Тогда при общепринятых скоростях резания и подачи потребуются меньшая величина развода зубьев на сторону, что положительно скажется на энергозатратах и потерях древесины в опилки, и будет обеспечена меньшая шероховатость поверхности распила, благодаря чему потребуются меньшие припуски на последующую обработку.

Анализ патентной и технической литературы показывает, что имеются опытные конструкции пил, направленные на совершенствование процесса пиления древесины. Например, пила с пластинками из твердого сплава по авторскому свидетельству СССР № 870124 [5], пила по авторскому свидетельству СССР № 961946 [6], пила по авторскому свидетельству СССР № 958086 [7] и др. Первые две пилы представляют собой усовершенствованные стандартные пилы. Они сложны по конструкции, но позволяют достичь высокой чистоты поверхности распила. Однако этими пилами не представляется возможным интенсифицировать процесс пиления и их целесообразно использовать на первичной обработке древесины.

Наиболее полно изложенным нами положениям по совершенствованию процесса пиления отвечает пила по авторскому свидетельству СССР № 958086 (рис. 2). В этой пиле зубья объединены в блоки, каждый из которых состоит из двух режущих и одного скалывающего зубьев. Линия развода режущих зубьев параллельна их режущим кромкам, а скалывающий зуб ниже режущих на величину подачи на его шаг и не разведен. Режущие зубья пилы выполнены так, что в процессе пиления имеет место эффект строгания, который достигается тем, что режущие кромки зубьев при пиении имеют не точечное касание с древесиной, а по линии. Благодаря этому можно интенсифицировать

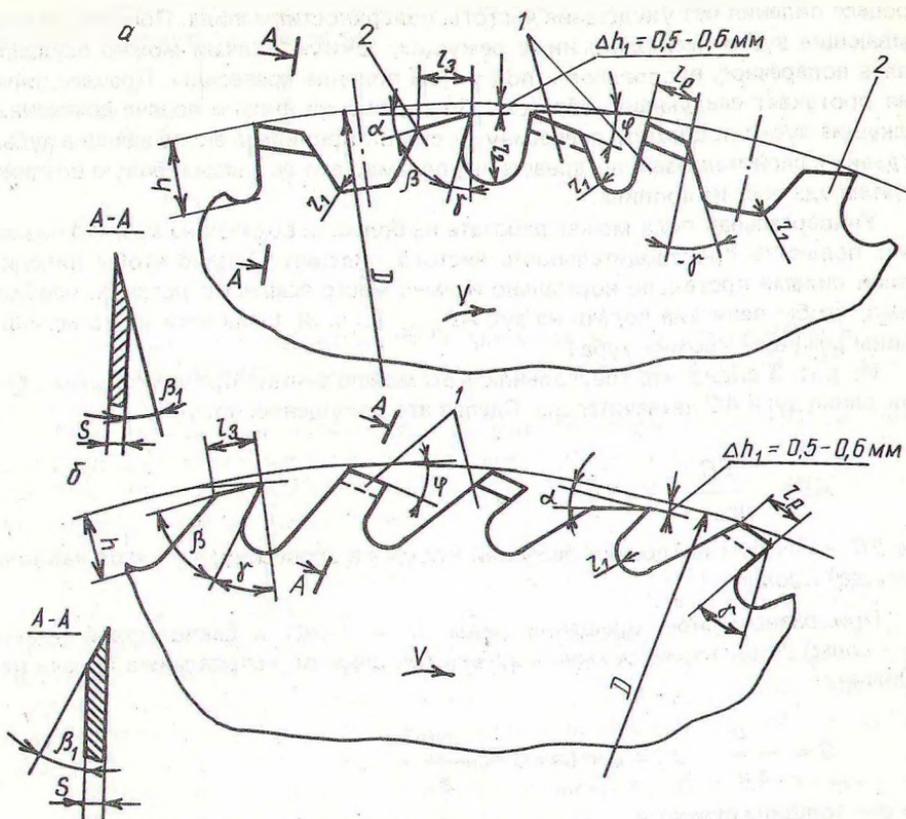


Рис. 2. Типы и профили зубьев универсальных круглых пил:
 а – тип 1; б – тип 2 (1 – режущие зубья; 2 – скалывающие зубья)

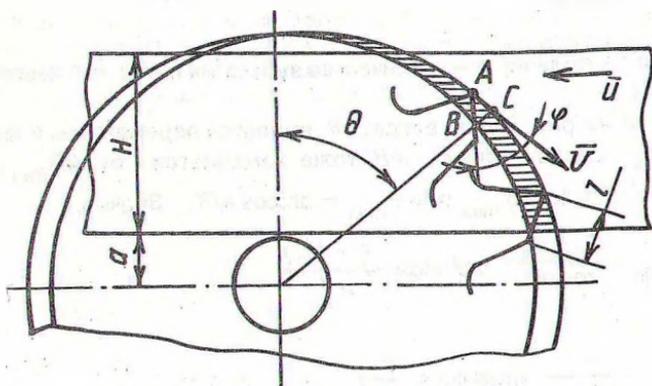


Рис. 3. Формирование стенок пропила режущими зубьями при резании древесины универсальной круглой пилой

процесс пиления без ухудшения чистоты поверхности распила. Поскольку скалывающие зубья несколько ниже режущих, такими пилами можно осуществлять поперечное, продольное и под углом пиление древесины. Процесс пиления протекает следующим образом. При вращении пилы и подаче древесины режущие зубья подрезают древесину у стенок пропила, а скалывающие зубья отделяют слой подрезанной древесины, перемещают ее в межзубовую впадину и затем удаляют из пропила.

Универсальная пила может работать на больших подачах на зуб, что позволяет повысить производительность чистого пиления. Однако чтобы пиление этими пилами протекало нормально и имел место эффект строгания, необходимо, чтобы величина подачи на зуб AB_{\max} (рис. 3) была несколько меньше длины режущей кромки зуба l .

Из рис. 3 видно, что треугольник ABC можно считать прямоугольным, так как длина дуги AC незначительна. Сделав это допущение, получим

$$AB = \frac{BC}{\sin\varphi},$$

где BC — глубина внедрения режущей кромки в древесину; φ — угол наклона режущей кромки.

При равномерном вращении пилы ($v = \text{const}$) и равномерной подаче ($u = \text{const}$) траектории смежных зубьев смещены по направлению подачи на величину

$$C = \frac{u}{zn}, \quad BC = e = C \sin Q = \frac{u \sin \theta}{zn},$$

где e — толщина стружки.

Тогда

$$AB = \frac{u \sin \theta}{zn \sin \varphi},$$

где u — скорость подачи; z — количество зубьев на пиле; n — частота вращения пильного вала.

Как видно из рис. 3, угол встречи θ является переменным и изменяется от θ_{\min} до θ_{\max} . Следовательно, AB тоже изменяется от AB_{\min} при $\theta_{\min} = \arccos(a + H)/R$ до AB_{\max} при $\theta_{\max} = \arccos a/R$. Значит,

$$AB_{\min} = \frac{u}{zn \sin \varphi} \sin\left(\arccos \frac{a + H}{R}\right); \quad (1)$$

$$AB_{\max} = \frac{u}{zn \sin \varphi} \sin\left(\arccos \frac{a}{R}\right), \quad (2)$$

где a — высота подъема стола, м; H — высота пропила, м; R — радиус пильного диска, м.

Из формул (1) и (2) видно, что для нормальной работы этой пилы необходимо соблюдать неравенство

$$\frac{u}{z n \sin \varphi} \sin(\arccos \frac{a}{R}) < 1,$$

или

$$u < \frac{z z \sin \varphi}{\sin(\arccos \frac{a}{R})} \quad (3)$$

Если величина u , рассчитанная по формуле (3), окажется меньше требуемой, то рекомендуется увеличить угол φ , чтобы соблюдалось неравенство (3).

Пилы с профилем зубьев первого типа более сложны в изготовлении и эксплуатации по сравнению с пилами с профилем зубьев второго типа, но имеют более жесткие зубья и увеличенную межзубовую впадину, что позволяет интенсифицировать процесс пиления.

Опытно-промышленная проверка этих пил в производственных условиях подтвердила возможность интенсификации процесса первичной обработки древесины ими. Установлено, что ворсистость и глубокие риски отсутствуют на поверхности распила, что позволяет осуществлять пиление с меньшей величиной развода зубьев на сторону (в 1,5–2 раза), чем стандартными круглыми пилами при прочих равных условиях. Пилы с профилем зубьев второго типа могут быть изготовлены из круглых пил, выпускаемых по ГОСТ 980–80, в пилоправных мастерских предприятий.

Для широкого внедрения этих универсальных круглых пил в производство необходимо установить рациональные линейные и угловые параметры зубьев и параметры процесса пиления ими.

Литература

1. Я к у н и н Н.К. Круглые пилы и их эксплуатация. М., 1977.
2. Б е р ш а д - с к и й А.Л. Расчет режимов резания древесины. М., 1967.
3. Г р у б е А.Э. Дереворежущие инструменты. М., 1971.
4. С п р а в о ч н и к мастера деревообработки. М., 1987.
5. А.с. 870124 СССР, В 27 В 33/08. Устройство для распиловки древесины.
6. А.с. 961946 СССР, В 27 В 33/08. Дисковая пила.
7. А.с. 958086 СССР, В 27 В 33/08. Пила для чистового резания древесины.