

УДК 630*812

В.Н. Курицын, Е.С. Шилохвостова

Курицын Виктор Николаевич родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Сибирский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесозаготовок Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 70 трудов в области теории резания древесины и технологии лесозаготовок.



Шилохвостова Елена Сергеевна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры технологии и оборудования лесозаготовок Сибирского государственного технологического университета. Имеет 1 печатную работу в области теории резания древесины.



ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА ДИНАМИКУ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ

Высказано предположение о разрушении древесины при ее пилении не только от внешнего воздействия резца, но и от внутреннего разрыва клеток в результате сжатия содержащейся в них свободной влаги. Гипотеза «внутреннего взрыва» подтверждается экспериментальными данными о зависимости насыпной массы опилок от влажности древесины.

древесина, пиление, резец, опилки, влажность, скорость резания.

Вся внешняя энергия, затрачиваемая при пилении древесины, идет на производство следующих видов работ:

- образование поверхностей резания (дно и стенки пропила);
- различные виды деформации древесины (сжатие стружки зубом, упруго-пластическое деформирование поверхностей резания);
- трение резца о поверхности резания, опилок о дно и стенки пропила, опилок о резец;
- выбрасывание опилок из пропила.

Последний вид работ занимает весьма небольшую долю от общих затрат [3]. Практически основная энергия тратится на первые три вида. Численное соотношение между ними в каждом конкретном случае различно и зависит от вида пиления и температурно-влажностного состояния древесины.

Наши данные [4] для поперечной распиловки древесины сосны дисковой пилой представлены в табл. 1.

Имеются также данные В.А. Успенского [5, 6] о составляющих усилия резания при поперечном пилении древесины ели цепными пилами (табл. 2).

Спрогнозировать влияние скорости резания на силовые показатели пиления можно лишь при известных закономерностях в поведении деформационной и триботехнической (назовем их так) составляющих с изменением скорости.

С увеличением скорости скольжения уменьшается величина пятен контакта, а следовательно, и коэффициент трения [1]. Если же при этом еще появляются гидродинамические клинья, то значение коэффициента трения становится еще меньше.

Таблица 1

Составляющие усилия резания	Доля составляющих, %, при температуре, °С			
	+15	0	-15	-30
Усилие на лезвии	15	15	23	24
Сила деформации стружки	62	64	65	66
Силы трения	23	21	12	10
Итого	100	100	100	100

Примечание. Величина подачи на один зуб составляет 0,4 мм.

Таблица 2

Составляющие усилия резания	Доля составляющих, %, при толщине стружки, мм				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Усилие, потребное только на резание	<u>24,5</u> 47,7	<u>40,0</u> 53,9	<u>50,5</u> 53,3	<u>58,3</u> 51,1	<u>64,0</u> 48,5
Все силы трения	<u>75,5</u> 52,3	<u>60,0</u> 46,1	<u>49,5</u> 46,7	<u>41,7</u> 48,9	<u>36,0</u> 51,5

Примечание. 1. В числителе приведены данные для марки цепи ПЦУ-15, в знаменателе – ПЦП-15. 2. Под усилием, потребным только на резание, В.А. Успенский подразумевает сумму сил на лезвии и передней грани.

Известно, что при увеличении скорости резания деформационная составляющая увеличивается. В основном это объясняют явлением так называемого скоростного подпора, суть которого заключается в том, что с увеличением скорости деформации древесина становится в силу инерционности менее деформативной. Это явление хорошо известно в реологии. Такое объяснение нам кажется упрощенным. Древесина в общем случае является четырехкомпонентной системой [2], состоящей из древесного вещества с адсорбированной на его поверхности влагой, свободной влаги, воздуха и льда. Поэтому внешнему воздействию сопротивляется не только древесная основа, но и находящиеся в полостях клеток вода (лед) и воздух. Как показывают расчеты, это сопротивление весьма значительно.

Рассмотрим приближенную физическую модель сжатия одиночной древесной клетки. Для упрощения представим ее в виде полого цилиндра (длина l , внутренний диаметр d). На поверхности этого цилиндра находятся сквозные отверстия (окаймленные поры), соединяющие внутреннюю по-

лость с окружающим пространством. Если клетка полностью наполнена влагой, при ее сжатии со скоростью v_1 (скорость резания) влага будет выходить через окаймленные поры со скоростью v_2 . Предположим для упрощения, что при деформации клетки в ее стенках не появляются разрушения, через которые могла бы выходить влага.

Полная деформация клетки произойдет через время $t = d : v_1$.

Уравнение непрерывности потока

$$\rho_1 v_1 F_1 = \rho_2 v_2 F_2 = \text{const},$$

где ρ , v , F – плотность жидкости, скорость течения и площадь соответствующих сечений.

Учитывая, что вода практически не сжимаема, имеем $\rho_1 = \rho_2 = \rho$.

Непрерывность потока есть не что иное, как равенство удельных расходов массы. Поэтому можно написать

$$\frac{M}{t} = \rho v_2 F_2, \quad (1)$$

где M – масса влаги в клетке,

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho; \quad (2)$$

F_2 – суммарная площадь окаймленных пор, равная произведению площади одной поры F на их число n .

Таким образом,

$$\frac{\pi d^2 l \rho v_1}{4d} = \rho v_2 F_2,$$

откуда

$$v_2 = \frac{\pi d l}{4 F_2} v_1. \quad (3)$$

Окончательно

$$v_2 = \frac{\pi d l}{4 n F} v_1. \quad (4)$$

Сила, необходимая для придания потоку такой скорости, равна произведению секундного расхода массы на скорость:

$$P = \frac{M}{t} v_2. \quad (5)$$

После преобразований имеем

$$P = \left(\frac{\pi d l}{4} \right)^2 \frac{\rho v_1^2}{n F}. \quad (6)$$

Приведенные расчеты справедливы для отдельно взятой клетки, влага из которой может выжиматься во все стороны равномерно. При сжатии какого-то объема усилие будет значительно больше, причем максимум при-

дется на клетку, находящуюся в самом центре. Нами определено среднее усилие для одной клетки образца кубической формы:

$$P_{\text{ср}} = 0,54mP, \quad (7)$$

где m – число слоев клеток от центра до поверхности.

Примем по справочным данным для трахеиды сосны: $l = 2,8 \cdot 10^{-3}$ м; $d = 33,3 \cdot 10^{-6}$ м; $n = 80$; диаметр окаймленной поры $\approx 10^{-5}$ м.

$$\text{Площадь окаймленной поры } F = \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-10} \text{ м}^2.$$

Подставив эти величины в формулу (6), получим $P = 8,53 \cdot 10^{-4} v_1^2$. При $v_1 = 50$ м/с сила $P = 2,13$ Н.

Расчеты показывают, что у кубического образца объемом 1 см^3 число слоев $m = 88$. Тогда среднее усилие, определенное по формуле (7), $P_{\text{ср}} = 101,4$ Н, что вызывает внутреннее давление на стенки клетки, равное 344 МПа. Это огромное давление, которое не выдерживает древесина (условный предел прочности сосны на сжатие поперек волокон $5,2 \dots 7,6$ МПа) и, естественно, разрушается с образованием дополнительных отверстий для прохода жидкости. Мы назвали это явление «внутренним взрывом». Предложенная гипотеза хорошо подтверждается разрыхленностью опилок. Нами была проведена серия опытов по определению насыпной массы опилок, полученных при распиловке древесины различной влажности. Еловые доски толщиной 20 мм и средней плотностью в абсолютно сухом состоянии $0,330 \text{ г/см}^3$ распиливали в продольном направлении дисковой пилой с величиной подачи на зуб $0,028$ мм. Опилки высушивали до абсолютно сухого состояния, взвешивали и определяли их объем. При абсолютной влажности древесины $7, 17, 49$ и 74 % плотность опилок соответственно составляла $0,161; 0,148; 0,091$ и $0,078 \text{ г/см}^3$.

Следовательно, повышение влажности древесины ведет к заметному увеличению степени разрыхления опилок. Если в пределах насыщения волокна это явление можно объяснить общеизвестным фактом снижения прочности древесины, то при влажности больше точки насыщения волокна, когда прочность практически не изменяется, объяснить это можно проявлением своего рода «гидравлического удара» от сжатия свободной влаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. – М., 1968. – 542 с.
2. Курицын В.Н. Древесина как четырехкомпонентная система // Лесн. журн. – 1999. – № 5. – С. 69–71. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Курицын В.Н. К вопросу о динамике процесса пиления древесины // Лесоэксплуатация: Межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1995. – С. 159–165.
4. Курицын В.Н. Особенности резания мерзлой древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 104 с.
5. Успенский В.А. Пильные цепи на лесозаготовках. – М., 1967. – 60 с.
6. Успенский В.А. Составляющие усилия резания при пилении пильными цепями // Лесн. журн. – 1962. – № 4. – С. 78–84. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 24.04.01

V.N. Kuritsyn, E.S. Shilokhvastova

Effect of Wood Humidity on Sawing Dynamics

The presupposition is expressed related to wood damage in the sawing process resulting not only from the external influence of the cutter but internal breakdown of cells due to the compression of free moisture contained in them. Hypothesis of internal burst is confirmed by experimental data on dependence of sawdust bulk weight on wood moisture.
