

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ПРИ ОРТОГОНАЛЬНОМ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

The friction coefficient and the cutting forces which are arisen with rectilineal cutting of a wood have been defined.

Обработка древесины режущим инструментом может быть описана как разновидность управляющего разрушения. Представляя процесс резания как процесс упругопластического сжатия и принимая во внимание силы трения, действующие на передней и задней поверхностях режущего инструмента, общую работу, затрачиваемую на резание, проф. В.Д. Кузнецов разделяет на 4 части.

$$F_x \cdot l = W = W_y + W_{пл} + W_{гпп} + W_{тзп}, \quad (1)$$

где l – путь, пройденный резцом по направлению силы F_x ; W – работа, затрачиваемая на резание; W_y , $W_{пл}$, $W_{гпп}$, $W_{тзп}$ – работа, затрачиваемая на упругие, пластические деформации, на преодоление трения по передней поверхности режущего инструмента и задней поверхности режущего инструмента.

В настоящее время практически невозможно отделить одну работу от другой, так как происходящие процессы при резании взаимодействуют друг с другом. В связи с этим приходится определять экспериментальным путем силы сопротивления резанию по направлению движения резца F_z и нормальное к нему F_y . Эти две силы дают равнодействующую силу F_R .

Составляющая F_z – сила, действующая в направлении движения режущего инструмента, определяет количество работы, необходимое для того, чтобы переместить режущий инструмент на заданное расстояние.

Сила F_y – перпендикулярная к направлению резания, не производит работы. Обе силы F_z и F_y осуществляют сжатие древесины в процессе резания как вдоль направления движения резца, так и перпендикулярно к нему.

Режущий инструмент контактирует с деталью как по передней, так и по задней поверхности, в результате чего на поверхностях инструмента возникают касательные и нормальные силы. Для получения этих сил разложим силу F_R на силу трения F_t , действующую по касательной к передней поверхности инструмента, и силу F_n , нормальную к передней поверхности. Структура всех сил показана на рис.

Коэффициент трения

$$\mu = \frac{F_f}{F_n} = \operatorname{tg} \varphi. \quad (2)$$

Это средний коэффициент трения стружки с передней поверхностью инструмента; φ — угол трения.

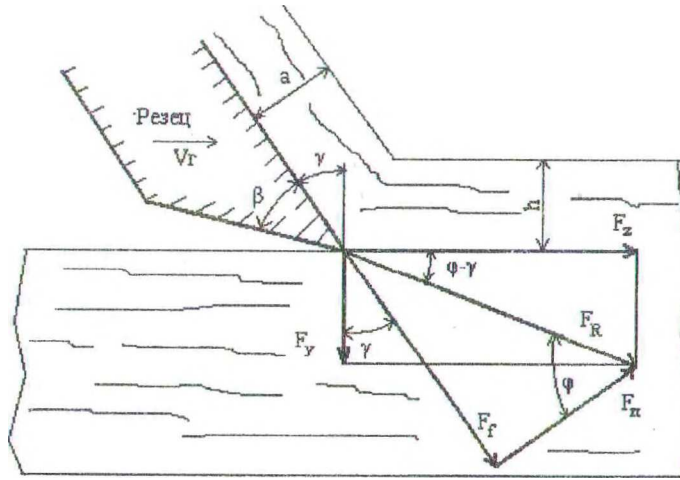


Рис. 1. Схема ортогонального процесса резания древесины

Из рис. 1 найдем взаимосвязь между коэффициентом трения и действующими на поверхность инструмента силами F_z и F_y , а также передним углом γ .

$$F_f = F_z \sin \gamma + F_y \cos \gamma; \quad F_n = F_z \cos \gamma - F_y \sin \gamma. \quad (3)$$

Коэффициент трения μ определяем на основании ф. 1 и 2.

$$\begin{aligned} \mu = \operatorname{tg} \varphi &= \frac{F_f}{F_n} = \frac{F_z \sin \gamma + F_y \cos \gamma}{F_z \cos \gamma - F_y \sin \gamma} = \\ &= \frac{F_z (\sin \gamma + m \cos \gamma)}{F_z (\cos \gamma - m \sin \gamma)} = \frac{\sin \gamma + m \cos \gamma}{\cos \gamma - m \sin \gamma} \end{aligned} \quad (4)$$

$$m = \frac{F_y}{F_z}, \text{ тогда}$$

$$\mu = \operatorname{tg}\varphi = \frac{\operatorname{tg}\gamma + \frac{\Delta F_y}{\Delta F_z}}{1 - \operatorname{tg}\gamma \frac{\Delta F_y}{\Delta F_z}} \quad (5)$$

Следовательно, для определения коэффициента и угла трения необходимо иметь значения усилий F_z и F_n , которые можно определить только экспериментально.

Для нахождения усилий F_z и F_n были проведены экспериментальные исследования по следующей методике:

1) факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу. Исследование проводилось при обработке древесины натуральной березы. Береза—порода мелкослойная, обладает равномерным строением и имеет незначительную разницу в свойствах ранней и поздней древесины, вследствие чего можно ожидать постоянства усилий резания и равномерного износа инструмента при обработке. Свойства березы: средняя плотность $\rho=697 \text{ кг/м}^3$; твердость поверхности (по Бринеллю) HB: в радиальном HB=30,7 н/мм² и в тангенциальном направлении HB=30,8 н/мм². Влажность образцов $W=8-10\%$;

2) фрезерный инструмент—шпиндель фрезерного станка ФС-1. Специальная фрезерная головка с изменяемыми угловыми параметрами, которая жестко была закреплена на шпиндельной насадке. Посадочный диаметр $d_0=32 \text{ мм}$. Материал резца быстрорежущая сталь P18;

3) измерительный блок с тензоэлементами. Измерительный и подающий блок состоит из основания с направляющими пазами в виде “ласточкин хвост”, подвижной плиты, к которой жестко прикреплен динамометр, винта для перемещения плиты с динамометром и образцом в направлении, перпендикулярном подаче, устройства для крепления образца. Динамометр представляет упругий элемент, с наклеенными фольговыми датчиками омического сопротивления. Упругий элемент представляет собой тонкостенный полый цилиндр большой жесткости, изготовленный из высококачественной стали ШХ15, для которой предел пропорциональности $\sigma_{\text{пл}}=1100 \text{ н/мм}^2$. Запись усилий осуществлялась через 8АНЧ-7М на осциллограф Н700.

Входные параметры процесса ортогонального резания. Толщина стружки a , мм—0,05; 0,010; 0,20. Передний угол γ , град—10°, 15°, 30°, 45°. Угол заострения ножа β , град—70°, 55°, 40°. Радиус округления режущей кромки ρ , мкм — 6–8 мкм.

Выходные экспериментальные параметры процесса резания. Составляющая F_z —сила, действующая в направлении движения режу-

щего инструмента, н/мм. Составляющая F_y -сила, перпендикулярная к направлению резания, н/мм.

Расчетные параметры процесса резания. Коэффициент трения между стружкой и резцом. Угол трения ϕ между равнодействующей F_R и нормальной силой F_n . Угол $\phi-\gamma$, определяющий направление равнодействующей сил резания относительно направления движения резца. Результаты экспериментальных и расчетных данных приведены в табл.

Таблица

Расчеты коэффициентов и углов трения при ортогональном резании березы

N п/п	Толщина стружки а, мм	Передний угол γ , град	Составляющие силы резания		Козфф. трения		Угол трения, град	
			F_z	F_y	$m = \frac{F_y}{F_z}$	μ	ϕ	$\phi-\gamma$
1	0,05	10	6,59	2,68	0,41	0,632	32°	22
2	0,10	10	12,14	3,93	0,32	0,526	28°	18
3	0,20	10	23,27	5,98	0,26	0,457	25°	15
4	0,05	15	6,35	1,7	0,27	0,574	30°	15
5	0,10	15	12,10	2,52	0,21	0,506	27°	12
6	0,20	15	22,86	3,09	0,14	0,424	23°	8
7	0,05	30	5,10	0,05	0,01	0,591	31°	1
8	0,10	30	10,73	-1,16	-0,11	0,439	24°	-6
9	0,20	30	17,0	-2,17	-0,13	0,417	23°	-7

Проанализировав результаты таблицы, можно сделать вывод, что значение коэффициента трения на передней поверхности режущего инструмента зависит как от величины переднего угла γ , так и от толщины стружки а. Причем как с увеличением толщины стружки, так и угла резания коэффициент трения имеет тенденции к снижению.