

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ПО ВДАВЛИВАНИЮ МИКРОСФЕРЫ В ПОВЕРХНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ РАСЧЁТА СИЛ ПРИ ЕЁ РЕЗАНИИ

Булатасов Э.О., Попов В.П., Ханин В.П.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Для описания и расчётов процессов резания древесины и изнашивания режущего инструмента необходимо иметь систематизированные показатели свойств древесины, характеризующие её обрабатываемость. Они должны быть получены по специальным методикам испытаний, учитывающих специфику деформирования и разрушения древесины лезвием [1].

Имеющиеся данные по физико-механическим свойствам древесины и древесных материалов характеризуют их свойства как конструкций [1]. Для процесса резания твёрдым резцом характерно контактное деформирование и разрушение обрабатываемого материала [1], следовательно, для описания этого процесса необходимо учитывать свойства обрабатываемого материала как вещества.

Твёрдость материала, характеризуя его способность сопротивляться вдавливанию твёрдого тела, является важной характеристикой для оценки обрабатываемости материалов резанием [1].

Взаимодействие режущей кромки с обрабатываемым материалом можно представить как внедрение абсолютно жёсткого сферического индентора в упругопластическое полупространство [1].

Тейбор Д. [2] описывает процесс вдавливания сферического индентора в поверхность твёрдого материала следующим образом. В процессе вдавливания в контактируемой поверхности исследуемого материала возникают упругие деформации. При повышении нагрузки напряжения довольно скоро начинают превышать предел упругости и возникает пластическое течение материала. При дальнейшем повышении нагрузки материал, находящийся непосредственно у вдавливаемого наконечника, становится полностью пластичным. После снятия нагрузки деформации в определённой степени восстанавливаются. Тейбор Д. показал, что предел текучести материала пропорционален твёрдости, определённой по вдавливанию [3].

Значительный интерес для определения деформационных характеристик древесины при резании представляют данные по внедрению сферического индентора диаметром 60 мкм под усилием 0,3 Н, полученные Санаевым В. Г. [4]. Радиус индентора вполне соизмерим с радиусом округления режущей кромки, как и величина зоны существенного деформирования ($5 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$ мм³), близкая к значениям объёма деформируемого при резании материала [1]. Однако, используя эти данные для расчёта силы резания, необходимо учитывать работу резания, совершаемую непосредственно при срезании стружки, а не только в момент начального углубления резца в древесину.

С учётом изложенного, способ, позволяющий учесть при расчёте силы резания древесины работу резания, совершаемую непосредственно при

срезании стружки, а не только в момент начального углубления реза в древесину, является актуальной задачей.

Задача исследования – описать способ, позволяющий при использовании для расчёта силы резания древесины данных по вдавливанию микросферы в её поверхность учесть работу резания, совершаемую непосредственно при срезании стружки.

Моисеев А. В. [5] при срезании стружек последовательно увеличивающейся толщины (от 2 до 50 мкм) выделил три характерные стадии врезания лезвия в древесину. На первой стадии (до точки a) (рис. 1) происходит деформирование обрабатываемой поверхности режущей кромкой и трение задней поверхности по упруго редуформированной обрабатываемой поверхности. При достижении некоторого критического значения номинальной толщины срезаемого слоя, зависящего от радиуса затупления и свойств обрабатываемого материала, наступает вторая стадия (отрезок кривой $a - б$). Она характеризуется образованием пучков волокон, которые сдвигают лезвие. По мере накопления эти волокна действуют на часть режущей кромки, расположенную выше её вершины. При этом нормальная сила постепенно уменьшается, а касательная более интенсивно возрастает. Характер взаимодействия задней поверхности с обрабатываемым материалом на первой и второй стадиях, очевидно, одинаков. Поэтому резкое возрастание касательной силы на второй стадии связано с большой работой деформирования и отделением тончайших стружек. На третьей стадии наступает устойчивое срезание стружки, сходящей по передней поверхности лезвия. Величина касательной силы возрастает по мере увеличения номинальной толщины срезаемого слоя [1, 5].

Учитывая глубину внедрения микросферы в древесину, а также условия проведения опытов в исследовании Санаева В. Г. [4], можно допустить, что внедрение микросферы в древесину соответствует 1-ой и 2-ой стадиям врезания лезвия в древесину.

Работу резания, совершаемую на 3-ей стадии врезания лезвия в древесину, можно вычислить из графика (рис. 1).

Расчёт силы резания при продольном фрезеровании древесины сосны. Для учёта работы резания, совершаемой на 3-ей стадии врезания лезвия в древесину при продольном фрезеровании, в первом приближении проводим следующие действия:

по графику (рис. 1) определяем координаты точки b_2 и точки, в которой данная кривая достигает максимальных значений:

$$P_{b_2} = 1,20 \text{ Н / мм};$$

$$l_{b_2} = 30,35 \text{ мкм};$$

$$P_{max} = 1,34 \text{ Н / мм};$$

$$l_{max} = 56,45 \text{ мкм}.$$

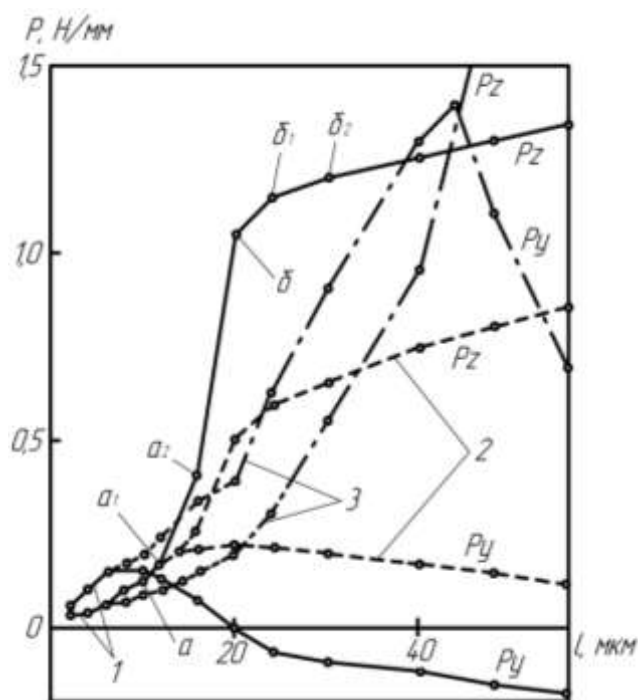


Рисунок 1 – Зависимость составляющих силы резания от толщины номинальной стружки при резании сосны при $\alpha = 15^\circ$, $\delta = 60^\circ$, $v = 0,1$ м/с [5]:

1 – резание вдоль волокон; 2 – резание поперёк волокон; 3 – резание в торец

Далее, согласно экспериментальным данным [6], принимаем значение длины пути, проходящего режущей кромкой в древесине до появления опережающей трещины (при срезании слоя толщиной 1 мм), равным 2000 мкм.

Определяем количество участков равных расстоянию по оси l от точки b_2 до точки, в которой данная кривая достигает максимальных значений, на расстоянии 2000 мкм:

$$\frac{2000 - 30,35}{56,45 - 30,35} = 75,47.$$

Определяем величину, на которую увеличится сила резания, при прохождении режущей кромкой пути в древесине от 30,35 мкм до 2000 мкм:

$$(1,34 - 1,20) \cdot 75,47 = 10,57 \text{ Н / мм};$$

далее полученную величину необходимо умножить на величину ширины режущей кромки, мм и получим значение силы резания, Н, на которую увеличивается общая сила резания при продольном фрезеровании древесины на 3-ей (окончательной) стадии врезания лезвия в древесину.

Расчёт силы резания при торцовом фрезеровании древесины сосны. Для учёта работы резания, совершаемой на 3-ей стадии врезания лезвия в древесину

при торцовом фрезеровании, в первом приближении проводим следующие действия:

по графику (рис. 1) определяем количество участков равных расстоянию по оси l от точки пересечения кривых P_z и P_y (для торцового резания) до точки с координатами (56,45;0) на расстоянии 2000 мкм:

$$\frac{2000 - 44,47}{56,45 - 44,47} = 163,23.$$

Определяем величину, на которую увеличится сила резания, при прохождении режущей кромкой пути в древесине от 44,47 мкм до 2000 мкм:

$$(1,50 - 1,37) \cdot 163,23 = 21,22 \text{ Н / мм};$$

далее полученную величину необходимо умножить на величину ширины режущей кромки, мм и получим значение силы резания, Н, на которую увеличивается общая сила резания при торцовом фрезеровании древесины на 3-ей (окончательной) стадии врезания лезвия в древесину.

Расчёт силы резания при поперечном фрезеровании древесины сосны. Для учёта работы резания, совершаемой на 3-ей стадии врезания лезвия в древесину при поперечном фрезеровании, в первом приближении проводим следующие действия:

по графику (рис. 1) определяем количество участков равных расстоянию по оси l от точки на кривой P_z (для поперечного резания), которую пересекает вертикальная линия, проведённая через точку b_2 , до точки, в которой кривая P_z достигает максимальных значений, на расстоянии 2000 мкм:

$$\frac{2000 - 30,35}{56,45 - 30,35} = 75,47.$$

Определяем величину, на которую увеличится сила резания, при прохождении режущей кромкой пути в древесине от 30,35 мкм до 2000 мкм:

$$(0,85 - 0,65) \cdot 75,47 = 15,09 \text{ Н / мм};$$

далее полученную величину необходимо умножить на величину ширины режущей кромки, мм и получим значение силы резания, Н, на которую увеличивается общая сила резания при поперечном фрезеровании древесины на 3-ей (окончательной) стадии врезания лезвия в древесину.

Описанный в данной статье способ, позволяет достаточно точно рассчитывать общую силу резания на 3-ей (окончательной) стадии врезания лезвия в древесину и тем самым учесть работу резания, совершаемую непосредственно при срезании стружки.

Полученные результаты могут быть использованы для описания и расчётов процессов резания древесины и изнашивания режущего инструмента.

Список литературы

1. Зотов Г. А., Памфилов Е. А. *Повышение стойкости дереворежущего инструмента*. М.: Экология, 1991. – 304 с.
2. Tabor D. *A simple theory of static and dynamic hardness*. Proc. R. Soc., London, 1948, A №192, p. 247-274
3. Van Krevelen D. W. *Properties of polymers correlations with chemical structure*. Amsterdam – London – New York: Elsevier publishing company, 1972. – 416 p.
4. Санаев В. Г. *Метод контроля твёрдости защитно-декоративных покрытий на древесных подложках: дис. канд. техн. наук*. М., 1983.
5. Моисеев А. В. *Износостойкость дереворежущего инструмента*. М.: Лесная промышленность, 1981. – 112 с.
6. Ивановский Е. Г., Василевская П. В., Лаутнер Э. М. *Новые исследования резания древесины*. М.: Лесная промышленность, 1972. – 128 с.

