

Дальнейшие расчеты проводились с помощью электронно-вычислительной машины МИР-2, в результате чего было получено распределение нормальных напряжений на лезвии резца (рис. 2). Эти напряжения не вызывают разрушений лезвия. Опыт показывает, что материалы способны выдерживать весьма значительные контактные напряжения. Это объясняется тем, что эти напряжения быстро убывают по мере удаления от зоны контакта, а также тем, что материал вблизи площадки контакта испытывает не одноосное, а двухосное сжатие. При двухосном сжатии материал способен выдерживать значительные напряжения. Так, согласно [4], допускаемые контактные напряжения для стали 20 равны 8500 - 10500 кг/см², для стали 20Х - 12000 - 14000 кг/см². Практика показала, что при условиях, для которых решалась задача, разрушения не происходит. Это и подтверждается расчетом.

Кривая распределения напряжений получилась несимметричной, так как в крайних точках, где отсутствуют сжимающие напряжения, вызванные силой Р, есть напряжения растяжения и сжатия, вызванные изгибом лезвия от действия силы трения.

Резюме. При помощи уравнений теории упругости получены контактные напряжения на лезвии резца при его внедрении в древесину.

Л и т е р а т у р а

1. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. М., 1953.
2. Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости. М., 1949.
3. Моисеев А.В., Астафиев А.Н. Исследование процессов резания древесины с подачами от 2 до 150 микрон. - В сб.: Мат-лы совещания УКРНИИМОД. Киев, 1971.
4. Степин П.А. Сопrotивление материалов. М., 1964.

УДК 674.05

А.В. Моисеев, канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Главным способом обработки чистовых поверхностей древесины является фрезерование (фрезерный станок, фуганок, рейсмус и т.п.). Особенностью этого вида резания является образование стружки переменного сечения, толщина которой в процессе резания изменяется от нуля до максимума. Стружка в

пределах длины полуволны имеет очень малое сечение. Максимальная толщина ее может быть рассчитана по следующему уравнению (рис. 1, а):

$$e_x = R - \sqrt{R^2 - U_z^2}, \quad (1)$$

где e_x - максимальная расчетная толщина стружки в конце полуволны; R - радиус фрезерной головки (ножевого вала); U_z - величина продольной подачи на зуб фрезы.

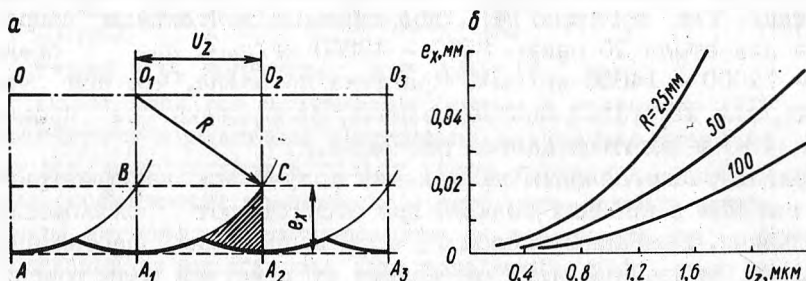


Рис. 1. Рост максимальной толщины стружки в пределах длины кинематической волны.

На рис. 1, б приведена номограмма, построенная по уравнению (1), из которой видно, что даже при относительно больших подачах толщина стружки, формирующей поверхность, находится в пределах зоны микростружки [1]. В [2] резание с подачами, величина которых соизмерима с поперечником лезвия инструмента, получило название переходного резания.

Исследование переходного резания вообще и переходного резания древесины в частности сопряжено с рядом трудностей, главной из которых является необходимость проведения эксперимента на особо точном оборудовании, позволяющем исследовать подачи от нуля до $30 \div 50$ мкм, а также фиксировать усилия резания в пределах от нескольких граммов до нескольких десятков граммов.

Для этой цели использовалась установка на базе плоскошлифовального станка повышенной точности ЗГ82. Измерения составляющих силы резания осуществлялись с помощью высокочувствительных кремниевых тензорезисторов.

Исследования проводились на древесине сосны и березы на следующих режимах элементарного резания: величина подачи от 0 до 200 мкм, скорость резания 0,1 м/с; резание проводилось вдоль, поперек волокон и в торец.

На рис. 2, а приведены зависимости $P_z = f(e)$ и $P_y = f(e)$ для различных направлений резания. На рис. 2, б - те же зависимости для резцов различной степени остроты.

Кривые имеют стабильный характер. На кривой зависимости (особенно для острого резца $P_z = f(e)$) четко просматриваются три характерных участка (рис. 2, а). Первый участок - пологая часть кривой, ограниченная точкой "а". Вторым - круто восходящая ветвь кривой (до точки "б") и третий - правее

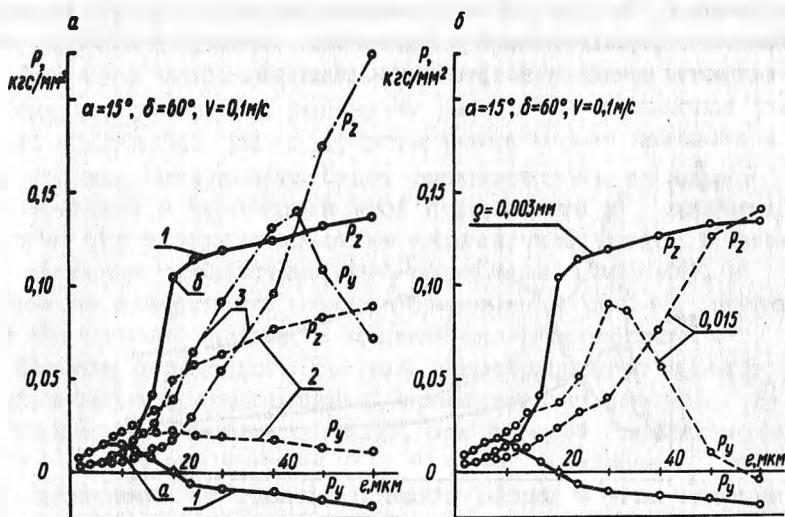


Рис. 2. Зависимость составляющих силы резания от толщины стружки и направления резания (а), от остроты резца (б): 1,2,3 - резание вдоль волокон, поперек и в торце соответственно.

точки "б". До точки "а" стружкообразование практически не наблюдается. Имеет место только скольжение задней поверхности резца по древесине. Этот участок назовем первой стадией врезания резца. При увеличении подачи на величину, заключенную между проекциями точек "а" и "б" на ось абсцисс, начинается процесс образования стружки. На начальном отрезке этого участка кривой резание осуществляется в виде скобления, сопровождающегося образованием неустойчивой, очень сильно деформированной стружки. К концу этого участка процесс стружкообразования постепенно стабилизируется. Этот участок определяет вторую стадию стружкообразования. Третий участок (стадия устойчивого стружкообразования) начинается правее точки "б". Из приведенных диаграмм вытекает, что характер стружкообразования зависит от остроты резца и на-

правления резания. Нелинейность зависимости $P_Z = f(e)$ наблюдалась и ранее. Она описана в работе [1], в которой на кривой этой функции рассматриваются два участка: участок, соответствующий толщине стружки, которая меньше 0,1 мм, и участок, соответствующий толщине стружки, которая больше 0,1 мм. Поскольку измерительная аппаратура, на которой проводились опыты, не обладала достаточной чувствительностью и точностью, сложная кривая аппроксимировалась двумя ветвями прямой линии. Это же обстоятельство не позволило обнаружить зависимость формы кривой и положения точки перегиба от степени остроты резца и направления резания.

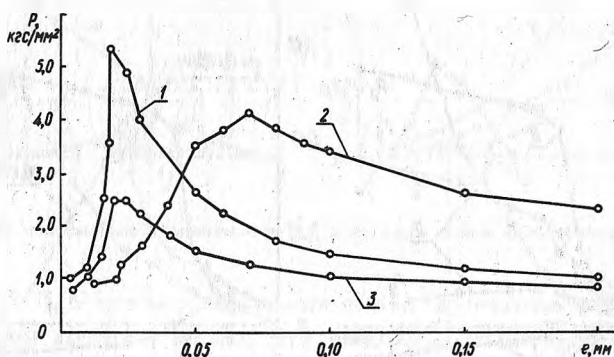


Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления резанию от толщины стружки при резании сосны ($\alpha = 15^\circ$, $\beta = 60^\circ$): 1, 2, 3 - резание вдоль волокон, в торец, поперек соответственно.

Из рис. 2, а, б видны особенности процесса переходного резания: на первой стадии врезания величина составляющей P_Z мало зависит от условий резания. При этом необходимо отметить, что составляющая P_Z для продольного резания на всем протяжении (в пределах второй стадии врезания) больше этой же составляющей торцевого резания. Объясняется это тем, что до момента начала образования устойчивой стружки лезвие резца при продольном резании снимает слой волокон древесины в торец. При таком же углублении резца при торцевом резании преобладает изгиб волокон древесины. Весьма характерен вид диаграмм удельного сопротивления резанию (рис. 3). Пик на диаграмме $K' = f(e)$ для продольного резания объясняется теми же причинами, которыми можно объяснить более высокую крутизну фронта кривой и большее абсолютное значение составляющей P_Z на диаграмме $P_Z = f(e)$. На третьей

стадии врезания, когда образуется устойчивая стружка, составляющая $P_{Z\perp}$ больше $P_{Z\parallel}$, K_{\perp} больше K_{\parallel} , что и следовало ожидать.

Из теории переходного резания вытекает, что при фрезеровании на некотором начальном участке траектории резец движется по поверхности древесины, не образуя при этом стружку. Чем острее резец, тем этот участок короче и тем, очевидно, качество обработки должно быть выше, так как на процесс образования поверхности меньшее влияние оказывают факторы, связанные со свойствами обрабатываемого материала. Для того чтобы улучшить качество обработки поверхности, необходимо уменьшить подачу на резец. Но чрезмерное уменьшение подачи без учета остроты резца может привести к тому, что вся поверхность будет формироваться на первой стадии врезания и неровности этой поверхности в значительной степени будут определяться не кинематикой процесса резания, а свойствами обрабатываемого материала. Например, в этом случае на поверхности может образоваться рельеф, повторяющий чередование ранних и поздних слоев древесины.

Явления переходного резания подтверждаются микрофотографическими исследованиями, проведенными автором [3].

Резюме. Толщина стружки, при которой наблюдается перелом на графике функции $P_Z = f(\epsilon)$, — величина переменная, зависящая от степени остроты резцы и угла встречи с волокнами.

Изменение силы P_Z при резании с малыми толщинами стружки описывается сложной кривой, которая не может быть описана ломаной линией [1].

Процесс переходного резания имеет большое значение при формировании чистовых поверхностей при фрезеровании древесины.

Л и т е р а т у р а

1. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск, 1975.
2. Oguzi M., Fujvi H., Imaguchi K., Kato Shinobu. On transient cutting mechanics at the initial stage of peripheral milling process. — Bulletin of the ISME 1976. 19. N127.
3. Моисеев А.В., Столяр В.А. Микрофотографические исследования процесса торцового резания. — В сб.: Механическая технология древесины, вып. 8. Минск, 1977.