

$$\Delta = \frac{A}{[\operatorname{tg}(\beta + \gamma) - \operatorname{tg}\gamma]} \quad (3)$$

Если задаться предельным значением ширины фаски $A = 0,5$ мм, то для рассматриваемого случая глубина прифуговки составит $\Delta = 0,23$ мм или $\Delta = 230$ мкм.

Эта величина уменьшения радиуса резания вполне сопоставима со значениями предельных отклонений для изделий из древесины.

Следовательно, можно сделать следующий вывод. Если учитывать совокупно два фактора: уменьшение радиуса резания вследствие затупления лезвий, а также вследствие операции прифуговки, то корректировка в позиционировании системы станок-инструмент-деталь окажется вполне закономерной.

Библиографический список

1. Зотов Г.А., Швырев Ф.А. Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента. М.: Лесн. Пром-сть, 1986.
2. Амалицкий В.В., Амалицкий В.В. Оборудование отрасли. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005.
3. Сулинов В.И. О допустимой неточности сборных фрез перед операцией прифуговки. Сборник научных трудов ф-та МТД. Екатеринбург, 2005.

Адиков С. Г. (НГТУ, г. Нижний Новгород, РФ)

spartakchamp2004@yahoo.com

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

FEATURES OF CHIP FORMATION AT ULTRASONIC-ASSISTED WOOD CUTTING

Принципиальной особенностью ультразвуковой механической обработки является то, что на обычную кинематическую схему процесса накладываются дополнительные ультразвуковые колебания формообразующего инструмента [4]. Наибольший интерес для исследования представляет резание с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний, когда направление колебаний совпадает с направлением вектора основной скорости резания (см. рисунок) и при определенном соотношении между основной постоянной скоростью резания v_p , м/с, а также частотой f_k , Гц, и амплитудой a_k , м, ультразвуковых колебаний [2] процесс будет иметь прерывистый характер. В течение части периода колебаний лезвие движется в обратную сторону от обрабатываемого материала и резание (по крайней мере передней гранью) не осуществляется.

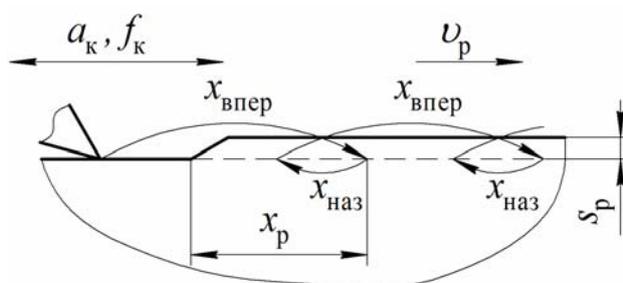


Рисунок – Схема ультразвукового резания древесины

Резание с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний является резанием с переменной скоростью и переменным ускорением. При таком резании может образовываться как сливная, так и элементная стружка. Причем в сливной стружке есть зачатки элементной, поскольку процесс резания периодический. По-видимому, определяющим здесь будет динамика протекания процесса стружкообразования (скорость протекания деформации). Большие ускорения при резании провоцируют неоднородности, что приводит к разрушению стружки и образованию отдельных элементов. Поэтому представляется важным предложить критерий стружкообразования при ультразвуковом резании древесины.

Величина пути резания (когда непосредственно осуществляется процесс резания) за один период колебаний при ультразвуковом резании с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний определяется по формуле [2]:

$$x_p = \frac{v_p}{f_k}. \quad (1)$$

При тех кинематических параметрах, при которых осуществляется ультразвуковое резание (частота колебаний не менее 18 кГц, амплитуда колебаний 10...30 мкм) эта величина очень мала и соизмерима с амплитудой колебаний, то есть близка к размерам клетки древесины. Очевидно, что она не может дать информацию о процессе стружкообразования по критерию М. А. Дешевого [3] поскольку в данном случае нельзя использовать физико-механические свойства древесины, которые являются усредненными величинами, характеризующими свойства большого объема древесины, а не отдельной клетки.

Для характеристики динамики процесса стружкообразования можно предложить критерий, который характеризует объем срезаемого материала в единицу времени

$$k_{стр} = \frac{x_p \cdot b_p \cdot s_p}{t_p}, \quad (2)$$

где b_p – ширина резания, м;

s_p – глубина резания, м;

t_p – временем непосредственного контакта передней грани резца и обрабатываемого материала (временем резания) за один период колебаний, с.

Близкий критерий был предложен и экспериментально подтвержден в работе [6] при ультразвуковом резании карбида вольфрама.

При резании с постоянной глубиной и шириной резания критерий стружкообразования можно записать через значение средней скорости деформирования $v_{\text{деф}}$, м/с, в виде:

$$v_{\text{деф}} = \frac{x_p}{t_p} \lessgtr v_{\text{деф кр}}, \quad (3)$$

где $v_{\text{деф кр}}$ – критическое значение скорости деформирования, м/с.

При значении средней скорости деформирования больше некоторого критического значения образуется элементная стружка, а в остальных случаях – сливная. Значение критической скорости деформирования зависит от обрабатываемого материала, условий резания, а также от направления резания относительно волокон и определяется экспериментально.

Время непосредственного контакта резца и обрабатываемого материала за период колебаний при простом резании древесины без учета ее восстановления при обратном ходе резца t_p , с, определяется из решения системы уравнений [1]:

$$\begin{cases} v_p \cdot (T_k - t_p) + a_k \cdot \left(\cos(2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot (t_p - t_{\text{п}})) - \cos(2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot t_{\text{п}}) \right) = 0, \\ t_{\text{п}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_k} \cdot \arcsin \left(\frac{v_p}{2 \cdot a_k \cdot \pi \cdot f_k} \right). \end{cases} \quad (4)$$

Особое внимание при анализе формул (1), (3) и (4) необходимо уделить амплитуде ультразвуковых колебаний, поскольку с ее увеличением время резания уменьшается по экспоненциальному закону, а величина пути резания остается неизменной. Кроме того, амплитуду достаточно просто менять путем изменения подводимой мощности ультразвуковых колебаний или применением специальных трансформаторов. Изменение амплитуды колебаний является самым простым способом влияния на форму стружки при ультразвуковом резании древесины.

В настоящее время авторами разрабатывается и изготавливается экспериментальная установка для проверки вышеуказанных положений. Можно отметить, что в работе [5] приведены результаты экспериментов по ультразвуковому алмазному точению прозрачных полимеров (что в какой-то мере сравнимо с резанием древесины) применяемых для изготовления линз. Частота колебаний 20 кГц, амплитуда колебаний 13,2 мкм, глубина резания 0,01 мм, подача 0,073 мм/об. При изменении скорости резания в от 44 до 1,1 м/мин наблюдалась изменение формы стружки от элементной к сливной. При этом расчеты по формулам (1), (3) и (4) дают изменению средней скорости деформирования от 1,67 до 0,30 м/с, то есть форма стружки изменяется с уменьшением скорости стружкообразования. Критическое значение скорости деформирования в этом случае примерно равно 0,5 м/с.

В заключение необходимо отметить, что на основании указанного критерия можно управлять процессом стружкообразования. При закрытом резании древесины (например, пилении) выгоднее образование элементной стружки, поскольку это улучшает условия заполнения межзубной впадины. При открытом резании эффективнее образование сливной стружки, так как это улучшает качество обработанной поверхности.

Библиографический список

1. Адиков, С. Г. Определение времени контактного взаимодействия при резании с наложением на инструмент тангенциальных ультразвуковых колебаний / С. Г. Адиков // XI нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: Материалы докладов. – Н. Новгород: Изд. Гладкова О. В., 2006. – 197 с.: ил. – С. 117.
2. Кумабэ, Д. Вибрационное резание / Перевод с яп. С.Л. Масленникова; Под ред. И.И. Портнова и В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.: ил.
3. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: Учебник для вузов / В. И. Любченко. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: МГУЛ, 2004. – 310 с.: ил.
4. Нерубай, М. С. Физико-технологические методы обработки и сборки / М. С. Нерубай, В. В. Калашников, Б. Л. Штриков, С. И. Ярьско. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 396 с.: ил.
5. Kim, J. D. Characteristics of Chip Generation by Ultrasonic Vibration Cutting with Extremely Low Cutting Velocity / J. D. Kim, I. H. Choi // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 1998. – Vol. 14, № 1. – P. 2-6.
6. Liu, K. Study of ductile mode cutting in grooving of tungsten carbide with and without ultrasonic vibration assistance / K. Liu, X. P. Li, M. Rahman, X. D. Liu // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2004. – Vol. 24, № 5-6. – P. 389-394.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ПРОДОЛЬНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛОЙ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ

LONGITUDINAL WOOD CUTTING BY THE SAW WITH COMBINED TEETH

Для продольного пиления древесины используют пилы с различными зубьями: плющеными, разведенными, оснащенными пластинками твердого сплава, с косой заточкой и т.д. Одной из задач процесса пиления является снижение энергопотребления. Для решения такой задачи зубья пилы выполняют с косой заточкой: поочередно с правой и левой заточкой. При пилении на таких зубьях возникают поперечные составляющие силы резания, которые раскачивают пилу в поперечном направлении, вызывают вибрацию пилы. Для гашения поперечных колебаний пилы за зубьями с косой заточкой один зуб делают прямой, укороченный по высоте. Таким образом, зубья пилы могут быть выполнены по схеме: зуб с косой правой заточкой, зуб укороченный прямой, зуб с косой левой заточкой, зуб укороченный прямой и т.д.

На рис. 1, *a* показаны профили зубьев пилы в пропиле, на рис. 1, *б* – сечения срезаемых слоев зубьями при одинаковой подаче на зуб. Срезаемые слои разрезаны плоскостью параллельной вектору скорости подачи и перпендикулярной стенкам пропила. Ширина пропила равна *b*.