

А.П. Клубков, канд.техн.наук,
А.П. Фридрих, Л.В. Лабурдов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ УСТАНОВКЕ

Создание и развитие теории резания древесины, древесных материалов и пластиков, модифицированной древесины, а также решение вопросов оптимизации режимов их обработки требует широкой организации экспериментальных исследований по единой программе и методике.

Получение наиболее точных и сопоставимых данных по силовым и качественным характеристикам для различных процессов резания древесины и древесных материалов и для проверки теоретических положений вызвало необходимость создания универсальной экспериментальной установки, на которой можно проводить исследования в широком диапазоне технологических факторов с большей точностью.

Применяемые в большинстве случаев экспериментальные установки позволяют проводить исследования одного процесса резания (фрезерования, пиления, шлифования и т.д.). В каждом конкретном случае разрабатывались установка и методика исследований, подбирались регистрирующая аппаратура, в результате чего экспериментальные данные трудно сопоставить и нет возможности оптимизации процессов обработки с применением ЭВМ.

Номенклатура оценочных показателей как по силовым, так и качественным характеристикам также имеет определенные отличия, что не позволяло обобщить все имеющиеся результаты исследований и получить единые графо-аналитические зависимости, удобные для практического применения.

С целью получения единства условий эксперимента и единства оценочных показателей различных процессов резания необходимо иметь универсальную экспериментальную установку, конструкция и принцип действия которой позволяли бы проводить исследования различных процессов резания в требуемом диапазоне переменных факторов.

При создании такой установки исходили из основных требований, предъявляемых к такого вида экспериментальным установкам [2] :

- а) возможности регулирования режимов резания в широком диапазоне переменных факторов;
- б) возможности одновременного измерения трех компонентов усилия резания;
- в) возможности осуществления измерения и контроля качества и точности обработки;
- г) возможности исследования микрогеометрии затупления режущего инструмента;
- д) надежности установки, достаточной жесткости и точности ее функциональных узлов и минимальной инерционности системы, регистрирующей рабочие усилия;
- е) простоты тарировки и управления;
- ж) исследовании на одной установке нескольких процессов резания.

Приведенные выше требования не могут быть полностью выполнены на серийных станках без дополнительной их оснастки специальными механизмами и устройствами. Для создания унифицированной установки наиболее подходят станки фрезерующего типа с вертикальным шпинделем. Поэтому за основу был взят станок модели Ф-4. Этот станок был дополнительно оборудован различными механизмами и приспособлениями с целью регулирования исследуемых факторов в широком диапазоне. На данной установке можно проводить исследования многих процессов резания без ее дополнительного оборудования. В частности, можно исследовать такие процессы, как:

- а) фрезерование (открытое, полузакрытое, закрытое, продольное, поперечное, встречное, попутное, фасонное);
- б) пиление круглыми пилами;
- в) шлифование;
- г) прямолинейное (ортогональное) резание.

Механизм резания. Фреза приводится во вращение от 3-скоростного электродвигателя через плоскоремennую передачу. Изменение скорости резания производится с помощью сменных шкивов как на валу электродвигателя, так и на шпинделе. Диаметры шкивов определяются с таким расчетом, чтобы численное значение скорости резания соответствовало геометрической прогрессии со знаменателем.

В конусное отверстие шпинделя вставляется специальная фрезерная насадка, которая предназначена для установки на ней фрезерных инструментов различных конструкций, пильных дисков, шлифовальных кругов. На поверхности фрезерной насадки наклеиваются тензодатчики для измерения касательной

силы резания. При резании шпиндельная насадка испытывает деформацию кручения и изгиба. Деформацию изгиба в чистом виде трудно измерить, поэтому в исследованиях наиболее широко распространен метод измерения крутящего момента. При скручивании насадки касательной силой главные напряжения направлены под углом 45° к ее оси, причем для одной траектории линий главных напряжений под углом 45° возникает напряжение сжатия, а для другой, которая расположена под прямым углом к первой, напряжение растяжения. Тензодатчики предназначены для измерения крутильных деформаций. Интенсивность нормальных напряжений растяжения-сжатия при скручивании насадки численно равна величине касательных напряжений на поверхности (при условии чистого сдвига). С помощью тарировки устанавливают масштаб скручивающего момента и по известным формулам определяем касательную силу.

Механизм подачи. Одним из основных недостатков многих экспериментальных установок является то, что механизм подачи имел недостаточную жесткость и ступенчатое изменение скорости подачи. Поэтому на таких установках нельзя было проводить более точные исследования при резании в области тонких стружек, т.е. при толщине стружки, соизмеримой с радиусом затупления инструмента. Такую точность подачи может обеспечить винтовое устройство. В таких механизмах несущим элементом является грузовой винт с суппортом. Винт смонтирован на двух подшипниковых опорах. Вращение винт получает от отдельного электродвигателя постоянного тока через клиноременную передачу.

Суппорт изготовлен в виде полый металлической коробки большой жесткости. Внутри коробки монтируется разрезная гайка, которая жестко соединена с суппортом. При вращении винта суппорт совершает поступательное движение по направляющей, закрепленной на столе станка.

Подача на резец для такого механизма определяется из уравнения

$$U_z = \frac{n_B \cdot t}{n_\phi \cdot z}$$

где n_B - число оборотов винта, об/мин; t - шаг резьбы винта, мм; z - число ножей; n_ϕ - число оборотов фрезы, об/мин.

Для измерения составляющих сил резания Q и S был изготовлен высокочастотный динамометр с предварительно на-

тянутыми проволочными датчиками сопротивления [3], который представляет собой упругий элемент в виде толстостенного цилиндра с высокой собственной частотой колебаний. Проволочные датчики наклеены в верхней части цилиндра и в процессе работы испытывают деформацию растяжения-сжатия.

Усиление сигналов осуществляется усилителем типа 8АНЧ-7М. Для регистрации сигналов применяется осциллограф типа Н-700.

В верхней части динамометра крепится образец. Динамометр вместе с образцом закрепляется на каретке, которая в свою очередь соединена жестко с суппортом ходового винта. Каретка состоит из основания с направляющими типа "ласточкин хвост" и направляющей плиты, которую вместе с динамометром можно перемещать в направлении, перпендикулярном вектору скорости подачи. Это перемещение необходимо для настройки образца на снятие определенного слоя древесины при повторных резах.

Опытные данные сил резания были обработаны по методике [1]. Полученное уравнение касательной силы резания при открытом фрезеровании сосны вдоль волокон в пределах значений переменных факторов, принятых в исследованиях, позволяет осреднить крутящий момент на валу и рассчитывать эффективную мощность.

$$M_{кр} = P_z \cdot D / 2000; \quad N = P_z \cdot v / 60 \cdot 102.$$

Уравнение касательной силы резания P в зависимости от угла резания (δ), угла перерезания волокон (ψ) и толщины стружки (e) имеет следующий вид:

$$P = [0,013 \delta - (0,72 - 0,02 \psi)] + [0,023 \delta - (2 - 0,16 \psi)] e. \quad (1)$$

Формула (1) позволяет вести расчет касательной силы резания для толщин стружек, больших 0,1 мм. В случае, когда резание происходит при толщинах стружек, меньших 0,1 мм, и острых резах ($\rho \leq 10$ мкм), касательную силу необходимо определять по формуле

$$P_{ke}^{z, 76 \mu} = (0,0022 \delta - 0,115) + 0,0033 \psi + [(0,05 + 0,004 \psi) \delta - 3,4] \times$$

Реакция силы P_z скручивает и изгибает оправку, на которой насажена фреза. Радиальная сила R отталкивает (затягивает) деталь от фрезы по направлению ее радиуса. Так как реакция силы R_x также изгибает фрезерную оправку, то

расчет ее на прочность и жесткость ведется по равнодействующей силе

$$P_{xz} = \sqrt{P_z^2 + R_x^2}.$$

Радиальная составляющая силы резания определяется по формуле

$$R_x = \frac{P_3}{f_0} - (P_z - P) \operatorname{tg} (90^\circ - \delta - \varphi).$$

Для острых резцов $f_0 = 2$, $P_3 \approx 0,2 \bar{p}_3$ и $P_0 = 0,1 \bar{p}$ имеем

$$R_x = 0,1 \bar{p}_3 - (P_z - 0,2 \bar{p}_3) \operatorname{tg} (90^\circ - \delta - \varphi).$$

По нашим опытам $\bar{p}_3 = 0,013 \delta - (0,72 - 0,02 \psi)$.

Для расчета и проектирования подающих, базирующих и прижимных элементов интерес представляют также силы Q и S .

Вертикальная сила S в зависимости от ее направления стремится или приподнять деталь относительно опорной поверхности или, наоборот, прижать к ней.

Горизонтальная сила Q направлена против подачи, она нагружает механизм подачи станка. При закрепленной детали (шипорезные станки) сила Q стремится сдвинуть деталь в направлении подачи, а сила S — перпендикулярно к ней, поэтому по ним следует рассчитывать зажимные устройства, удерживающие обрабатываемую деталь на каретке или столе.

Резюме. Разработанная экспериментальная установка может быть рекомендована для проведения исследований различных процессов резания в широком диапазоне переменных факторов.

Результаты исследований могут быть рекомендованы для использования в расчетной практике.

Л и т е р а т у р а

1. Бершадский А.Л. Расчет режимов резания древесины. М., 1967. 2. Манжос Ф.М., Кряжев Н.А., Цуканов Ю. А. Методология и унифицированное экспериментальное оборудование для исследования процессов резания древесных материалов. — В кн.: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 1964 г. М., 1965. 3. Дружков Г.Ф. Двухкомпонентный высокочастотный электромеханический динамометр с проволочными тензometрами сопротивления. — В кн.: Научно-техническая конференция МЛТИ. М., 1971.