

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТОМ С КРИВОЛИНЕЙНЫМ ЛЕЗВИЕМ

Тришина Т.В., Козлов В.Г.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (394087 г. Воронеж, ул. Мичурина, 1) t.v.trishina@gmail.com

В статье определены два основных направления повышения качества механической обработки древесины и материалов на ее основе. Направление по созданию конструкции инструмента позволяющей избежать послойного расщепления таких материалов является новым и наиболее перспективным. Для измерения составляющих сил резания и изучения влияния на них различных факторов предложена и разработана конструкция однокомпонентного механического динамометра. Данный прибор предназначен для определения касательной составляющей силы резания P_z при точении. Общая закономерность влияния плотности древесины на силу резания может значительно нарушаться вследствие влияния структурной неоднородности древесины, поэтому была поставлена задача по определению оптимальной силы резания при работе новым суппортным токарным резцом с криволинейным лезвием, позволяющей вести механическую обработку с минимальными энергетическими затратами. Для проводимых исследований дано обоснование выбора основных пород древесины – ясеня, сосны, березы, дуба – это быстрорастущие деревья малоценных пород с высокими физико-механическими показателями. По результатам математической обработки опытных данных работы резцом с криволинейным лезвием были получены рекомендации по оптимальным режимам резания.

Ключевые слова: древесина, суппортный токарный резец, сила резания, однокомпонентный механический динамометр, режимы резания

THE MEASUREMENT OF CUTTING FORCES DURING MACHINING OF WOOD AND MATERIALS BASED ON IT A TOOL WITH A CURVED BLADE

Trishina T.V., Kozlov V.G.

FGBOU VPO "The Voronezh state agricultural university of a name of the emperor Peter I" (394087 of Voronezh, Michurin St., 1) t.v.trishina@gmail.com

In article two main directions of improvement of quality of machining of wood and materials on its basis are defined. The direction on creation of the design of the tool allowing to avoid layer-by-layer splitting of such materials is new and the most perspective. The design of a unicomponent mechanical dynamometer is offered and developed for measurement of the making forces of cutting and studying of influence on them of various factors. This device is intended for definition of a tangent component of force of cutting of P_z when turning. The general regularity of influence of density of wood on force of cutting can be broken considerably owing to influence of structural inhomogeneity of wood therefore the task of determination of optimum force of cutting during the work as a new support turning cutter with a curvilinear edge allowing a message machining with the minimum power expenses was set. For the conducted researches justification of a choice of the main breeds of wood is given: ash-tree, pines, birches, an oak are fast-growing trees of invaluable breeds with high physicomachanical rates. By results of mathematical processing of skilled data a job as a cutter with a curvilinear edge were got recommendations about the optimum modes of cutting.

Keywords: wood, support turning cutter, cutting force, unicomponent mechanical dynamometer, cutting modes

Древесина и материалы на ее основе широко применяются в народном хозяйстве. Они легко обрабатываются и при малой плотности имеют высокие механические свойства, особенно после прессования. Наиболее часто используется данный конструкционный материал в деталях выполненных как тела вращения в строительных изделиях, в мебельном производстве, как детали литейных форм, в узлах лесохозяйственных машин и орудий.

Теоретический анализ. Обработка резанием этих конструкционных материалов имеет

свои особенности, так как их анизотропия, как направленная, так и послойная, в сильной степени оказывает влияние на качество обработки. Так как древесина – анизотропный материал, то сопротивление резанию ее в различных направлениях различно. Разнообразные условия произрастания, неоднородная плотность ее по длине ствола и в поперечном сечении, приводят к значительным колебаниям геометрических параметров обрабатываемых деталей для одних и тех же условий и режимов обработки. Не одинаковы при этом характер разрушения древесины при образовании стружки и ее вид. Волокнистое строение древесины обуславливает особенно резкое различие механических свойств вдоль волокон в сравнении с другими направлениями, что вполне объясняется наличием годовых колец и анизотропией клеток древесины [4]. Физико-механические свойства древесины определяют пути повышения качества обработки по направлениям:

1. Снижение усилия резания до максимальной силы сцепления частиц обрабатываемого материала, для чего необходимо иметь острую режущую кромку инструмента и поддерживать ее остроту в процессе обработки. Это не всегда выполнимо и ведет к снижению производительности.

2. При обработке резанием данных конструкционных материалов возможно расщепление слоев, которое обусловлено волокнистым строением материала. Поэтому повышение усилия защемления твердых слоев в мягких, за счет поджатия стружки позволяет повысить качество обрабатываемых поверхностей.

Второе направление является наиболее перспективным. В Воронежском ГАУ в течение многих лет ведутся работы по совершенствованию конструкций режущего инструмента для обработки древесины и материалов на ее основе [5, 6]. Работа в этом направлении позволила предложить новый суппортный токарный резец с криволинейным лезвием (рисунок 1) [7]. Особенность резания данным резцом заключается в том, что при точении ниже линии центров, обеспечивается определенная глубина чистового резания, и фиксация снимаемого слоя между передней поверхностью фасонной части резца и припуском чистового точения, так что фасонная часть режет по принципу свободного резания, при этом ведется одновременная обработка клином. Такая фиксация стружки между черновой и чистовой вершинами резца исключает образование опережающих трещин в направлении обработанной поверхности, а следовательно, и уменьшение шероховатости. Данный суппортный токарный резец позволяет решить техническую задачу, имеющую место в известных устройствах, путем повышения производительности и качества обрабатываемых поверхностей за счет выполнения чистового точения поверхностей за один проход.

Методика. Основной задачей в современных исследованиях любого процесса является комплексное изучение совместного влияния многочисленных переменных факторов. Для

этих целей требуется применение высокоточных универсальных установок, позволяющих проводить исследования в широком диапазоне изменяемых параметров.

Учитывая то, что большинство операций механической обработки деталей из древесины производится на токарных станках за одну установку деталей. Для проведения экспериментов принята достаточно большая длина заготовки ($L=800$ мм), которая позволяла на одной и той же заготовке с одного установка проводить эксперименты со следующими режимами резания: 1) $n=765 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,1 \text{ мм/об}$; 2) $n=1200 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,1 \text{ мм/об}$; 3) $n=1200 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,4 \text{ мм/об}$. Диаметры заготовок в процессе выполнения всех экспериментов изменялись не более чем, в 1,3 раза (от 80 до 60 мм).

В настоящей работе принята такая схема экспериментальной установки, при которой опытный образец получает вращательное движение (закрепляется в шпинделе), а режущий инструмент совершает поступательное движение подачи. Такая схема обработки при неподвижном режущем инструменте позволяет также уменьшить вибрацию инструмента в процессе работы, повышая в целом жесткость системы СПИД.

Исследования проводились на токарно-винторезном станке 1А616. Заготовка крепилась в двух точках: в трехкулачковом патроне и пиноли задней бабки. Жесткость была принята одинаковой для всей серии опытов при неизменной длине заготовки. Новый резец с сечением державки 15x20 устанавливался в резцедержатель с вылетом 50 мм.

Кинематика станка обеспечивала угловую скорость шпинделя от 625 до $50 \frac{1}{\text{сек}}$ и подачу на оборот в диапазоне $(0,05-0,70) \cdot 10^{-3} \text{ мм/об}$. Перед опытами было произведено испытание станка на геометрическую точность. Контрольным тахометром модели ИО-30 были проверены ступени оборотов шпинделя, а с использованием секундомера и нониусной шкалы штангенциркуля – значения подач на один оборот.

Привод станка от электродвигателя мощностью 4,5 кВт обеспечивал достаточный запас мощности и практически отсутствие падения оборотов в процессе точения древесины.

Шпиндельный вал и ходовой валик подачи суппорта получают привод от данного электродвигателя, что обеспечивает абсолютную неизменность значений подачи на один оборот на протяжении каждого опыта.

Для измерения составляющих сил резания и изучения влияния на них различных факторов применяют специальные приборы – динамометры. Динамометры в зависимости от количества измеряемых составляющих бывают одно- (например, для силы P_z), двух- и трехкомпонентные (P_x , P_y , P_z). По принципу действия динамометры подразделяют на механические, электрические и гидравлические.

В Воронежском ГАУ под руководством доцента Тришиной Т.В. разработана конструкция однокомпонентного механического динамометра (рисунок 1).

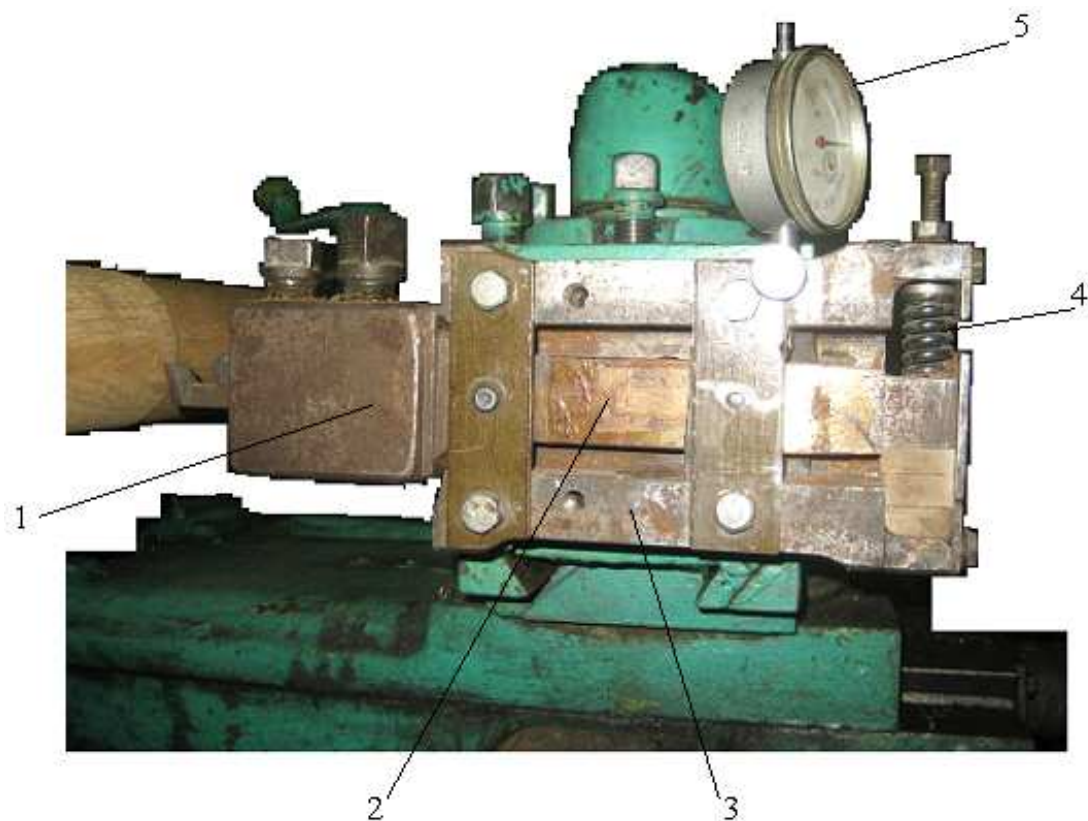


Рис.1. 1 – люлька; 2 – рычажная планка; 3 – корпус; 4 – пружина; 5 – индикатор

Рисунок 1 – Однокомпонентный механический динамометр

Однокомпонентного механического динамометр – это прибор для определения касательной составляющей силы резания P_z при точении состоит из корпуса 3, в котором установлена рычажная планка 2, переходящая в люльку 1, в которой двумя болтами крепится резец. К люльке 1 одним концом приварена рычажная планка 2, второй конец планки уравнивается пружиной 4. Измерительный штифт индикатора 5 упирается в рычажную планку 2. Прибор устанавливают на верхних салазках суппорта токарного станка в резцедержатель и закрепляют болтами.

При точении под воздействием касательной составляющей силы резания P_z (действующей на вершину резца) рычажная планка 2 отклоняется, при этом свободный конец планки поднимается вверх, вызывая перемещение штифта индикатора 5. Предварительно прибор тарируют, т. е. устанавливают зависимость между силой P_z и показаниями индикатора 5. Для устранения появления возможных колебаний конца планки 4 в приборе предусмотрено демпфирующее (успокаивающее) устройство - пружина 4 (жесткость пружины подбиралась экспериментально в зависимости от твердости обрабатываемого материала).

Знание силы резания при точении необходимо для определения мощности резания, расчета на прочность инструмента, узлов станка, приспособлений, а также расчета на жесткость технологической системы СПИД.

В народном хозяйстве широко применяются детали, изготовленные из различных пород древесины. Для проводимых исследований в качестве основных пород выбраны четыре вида древесины: ясеня, сосны, березы, дуба. Выбор данных пород далеко неслучайный, так как важно создание деталей из древесины быстрорастущих деревьев малоценных пород с высокими физико-механическими показателями.

Сосна занимает около $\frac{1}{6}$ площади всех лесов России. Древесина характеризуется средней плотностью, достаточно высокими прочностью и стойкостью к гниению, хорошо обрабатывается. Используется в различных областях: строительстве, машиностроении, мебельном производстве, железнодорожном транспорте и др.

Древесина дуба прочная, стойкая к гниению, хорошо гнется, имеет красивую текстуру. Находит многообразное применение в мебельной промышленности и машиностроении.

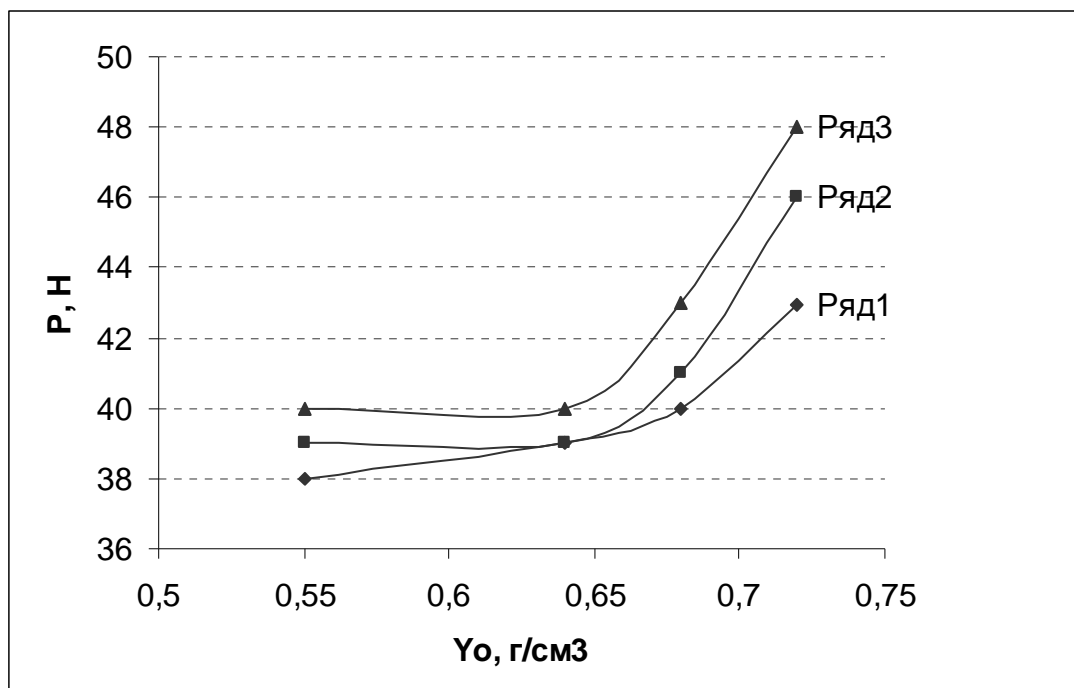
Древесина ясеня по свойствам близка к древесине дуба, поэтому и область ее применения примерно такая же. Древесина ясеня обладает высокой ударной вязкостью, хорошо гнется, не дает отщепов.

Для древесины березы характерны сравнительно высокие прочность, твердость, ударная вязкость, но малая стойкость к гниению. Древесина березы находит разнообразное применение и прежде всего для производства фанеры. Может применяться для производства строительных деталей, древесностружечных плит, в машиностроении [1-3].

Образцы отбирались в соответствии с ГОСТ 16483.0-89. Место произрастания древесины – Воронежский учебно-опытный лесхоз. Естественной сушкой в условиях лаборатории влажность исходной древесины доводилась до 15-17% в соответствии с ГОСТ 16588-91. Во всех опытах исходные заготовки предварительно обрабатывались токарным резцом с размером диаметра от 80 до 60 мм с отклонением от цилиндричности – 2 мм, при неизменной длине 800 мм.

Посредством однокомпонентного механического динамометра были получены данные по касательной составляющей силы резания P_z при точении резцом с криволинейным лезвием древесины различной плотности (рис. 3). Сопротивление резанию зависит от механических свойств обрабатываемой древесины. Древесина мягких пород характеризуется меньшей прочностью и плотностью, чем древесина твердых пород. Поэтому при резании древесины мягких пород силовые и энергетические показатели меньше, чем при резании твердых пород [8, 9]. Например, при увеличении плотности древесины γ_0 сила резания P_z возрастает (рисунок 2).

Однако общая закономерность влияния плотности древесины на силу резания может значительно нарушаться вследствие влияния структуры древесины [10].



Ряд 1- $n=765 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,1 \text{ мм/об}$, Ряд 2- $n=1200 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,1 \text{ мм/об}$,

Ряд 3- $n=1200 \text{ мин}^{-1}$, $S=0,4 \text{ мм/об}$

Рис.2. Влияние плотности древесины на силу резания при точении

Выводы. Таким образом, предложена оригинальная методика для измерения однокомпонентным механическим динамометром касательной, составляющей силы резания P_z при точении резцом с криволинейным лезвием древесины различной плотности. Рассматриваемая конструкция резца позволяет работать на повышенной скорости с малой силой резания, то есть с наименьшими энергетическими затратами. Качество поверхности резания при увеличении скорости резания повышается, так как волокна древесины получают дополнительный подпор за счет силы резания. По результатам математической обработки опытных данных работы резцом с криволинейным лезвием рекомендуются следующие режимы резания: частота вращения шпинделя 830 мин^{-1} , подача $0,1 \text{ мм/об}$.

Список литературы

1. Козлов В.Г. Металлорежущее оборудование, инструмент и приспособления / В.Г. Козлов, Т.В. Тришина, Е.В. Кондрашова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 215 с.
2. Кузнецов В.В. Метрология и технические измерения: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия"/ В.В. Кузнецов, В.И. Трухачев, В.Г. Козлов ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, ФГОУ ВПО "Воронежский гос. аграрный ун-т им. К. Д. Глинки". – Воронеж, 2011.

3. Кузнецов В.В. Пневмоиндукционный сепаратор / В.В. Кузнецов, В.Г. Козлов, О.С. патент на изобретение RUS 2325233 11.12.2006.
4. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов/ В.И Любченко.– М.: Лесная промышленность, 1986.– 296 с.
5. Обоснование выбора конструкции и геометрических параметров резца для обработки древесины/ В.В. Кузнецов [и др.]// Деревообрабатывающая промышленность. –1999. - №1.– С. 11-13.
6. Пат. 2075378 (С1) Российская федерация, МПК: 6 В 27 G 15/00. Суппортный токарный резец/ В.В.Кузнецов, В.К.Павлов, Т.В. Тришина; патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – 95109193/15; заявл. 31.05.1995; опубл.20.03.1997; бюл. - № 8.– 5 с.
7. Пат. 2172669 (С1) Российская федерация, МПК: 7В 27G 15/00 А. Суппортный токарный резец/ В.В.Кузнецов, В.К.Павлов, Т.В. Тришина; патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – 2000111679/13; заявл. 10.05.2000; опубл.27.09.2001; бюл. - № 24.– 5 с.
8. Тришина Т.В. К вопросу снижения энергетических затрат на процесс резания при обработке анизотропных материалов инструментом с криволинейным лезвием [Текст]/ Т.В. Тришина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. научн. тр. по матер. междунар.заочн. научно-практич. конф.- 2014.- № 3.- Ч.4. Междунар. научно-техн. конф. «Эколого-ресурсосберегающие технологии и системы в лесном и сельском хозяйстве»/ ВГЛТА. – Воронеж, 2014. – С. 366-370.
9. Тришина Т.В. К вопросу технологии обработки прессованной древесины [Текст]/ Т.В. Тришина// Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. научн. тр. по матер. междунар.заочн. научно-практич. конф. – 2014. - № 5. – Ч.4. Междунар. научно-техн. конф. «Техника и технологии – мост в будущее»/ ВГЛТА. – Воронеж, 2014. – С. 341-344.
10. Тришина Т.В. Совершенствование режущего инструмента для токарной обработки древесных материалов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.05)/ Татьяна Владимировна Тришина. – Воронеж, 1999. – 16 с.

Рецензенты:

Афоничев Д.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж;

Кондрашова Е.В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г.Воронеж.