

турой приводит к тому, что разрушение начинается на отдельных участках лезвия. По мере развития усталостных явлений в этот процесс вовлекаются новые участки.

Фактором, активизирующим процесс разрушения инструмента, является наличие в древесине сучков, мелкослойности и т. д. Интенсивность разрушения повышается при обработке древесины твердых пород.

Предложенная модель усталостного разрушения позволяет проследить за динамикой разрушения режущей части инструмента, за изменениями микрогеометрии инструмента на каждом этапе разрушения, приводящими к возникновению фасок на его передней и задней гранях, увеличению радиуса закругления режущей кромки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев А.В. Износостойкость режущего инструмента. — М., 1981.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. — М., 1985.
3. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. — Минск, 1975.

УДК 674.05

А.П. КЛУБКОВ, И.И. БАВБЕЛЬ,  
В.Ф. ИСТУШКИН

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Отечественной промышленностью выпускается большая номенклатура марок инструментальных сталей, твердых сплавов и сверхтвердых материалов, применяются новые технологии упрочнения инструмента. Наличие большой и разнообразной номенклатуры инструментальных материалов требует разработки методики выбора наиболее оптимальной марки инструмента, технологии упрочнения для обработки конкретного материала (ДСтП, ДВП, древесина, модифицированная древесина, массы древесные и др.) с наименьшими затратами на обработку.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на оптимизацию режимов резания древесных материалов, на разработку новых инструментальных материалов, эффективных технологий для подготовки и упрочнения рабочих поверхностей инструмента.

Чтобы получить полную и объективную информацию о работоспособности определенного инструментального материала, необходимы всесторонние сравнительные экспериментальные исследования. Такие исследования должны проводиться на стадиях разработки, конструирования, совершенствования технологии изготовления и подготовки инструмента к работе. В связи с этим возрастает объем и значение испытаний инструмента на износостойкость, предъявляются высокие требования к достоверности, сопоставимости и объ-

ективности первичной информации при минимальных затратах на эксперимент, который должен быть экономически обоснованным.

В работе [1] для оценки эффективности испытаний режущего инструмента вводится критерий эффективности

$$W_{\text{э}} = W_{\text{ф}} / S_{\text{и}}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{ф}}$  — критерий функциональной эффективности;  $S_{\text{и}}$  — стоимость испытаний.

Стоимость испытаний

$$S_{\text{и}} = S_0 N, \quad (2)$$

где  $S_0$  — стоимость единичного испытания инструмента;  $N$  — количество испытаний.

Стоимость единичного испытания

$$S_0 = S_{\text{см}} t + S_{\text{м}} \tau_{\text{и}} + S_{\text{р}},$$

где  $S_{\text{см}}$  — стоимость станко-минуты;  $t$  — время испытания одного образца;  $S_{\text{м}}$  — стоимость обрабатываемого материала;  $\tau_{\text{и}}$  — суммарное время испытаний;  $S_{\text{р}}$  — заработная плата операторов.

Большую роль в данном случае играют схема резания [2] и экспериментальная установка, которая позволяет реализовать наиболее оптимальную схему резания. При выборе схемы резания для испытаний инструмента на износостойкость следует исходить из того, чтобы было сокращено время испытаний, снижены расходы обрабатываемого материала и режущего инструмента.

Общий объем испытаний инструмента на стойкость для получения необходимой научно-технической и прикладной информации зависит от многих факторов, основными из них являются количество выборок, объем выборки и затраты времени на проведение одного эксперимента. Количество и объем выборки зависят от принятого плана эксперимента, а время проведения эксперимента — от экспериментальной установки и схемы резания.

Для проведения испытаний дереворежущего инструмента на стойкость применяется в основном однофакторный метод планирования эксперимента. Этот метод требует больших затрат времени, материалов и инструмента. По ряду причин совсем не применяется многофакторный метод планирования. Для решения задачи многофакторного планирования эксперимента необходимо иметь универсальную установку, которая бы обеспечивала проведение эксперимента в широком диапазоне изменения переменных факторов. Существующие деревообрабатывающее оборудование и установки, конструкции инструмента не позволяют проводить испытания инструмента на износостойкость и надежность из-за ограничения технических возможностей оборудования.

В работе [3] приводится установка для испытания инструмента на стойкость. Однако эта установка имеет ряд существенных недостатков: у нее только одна скорость резания, одна скорость подачи; ограничены размер обрабатываемого материала по ширине и толщине, а также угловые и линейные параметры режущего инструмента; реализуется симметричная схема резания.

Авторами разработана и функционирует экспериментальная установка

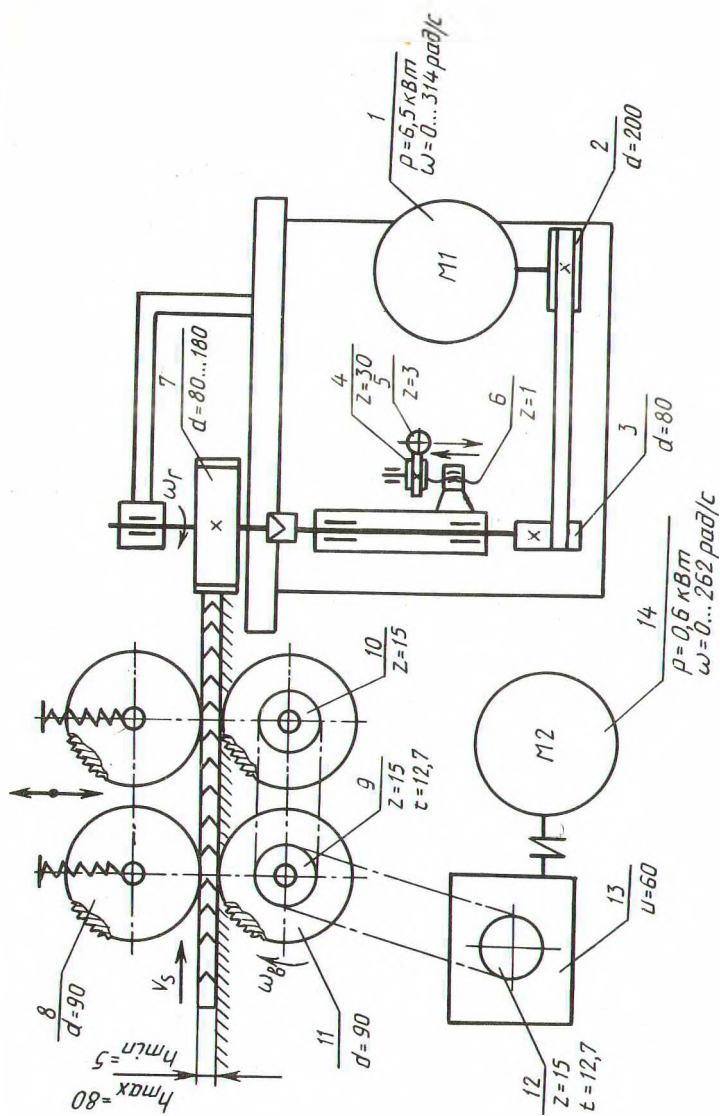


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

(рис. 1) для сравнительных ускоренных испытаний на износостойкость фрезерного инструмента. Установка разработана на базе фрезерного станка модели ФСШ-1. Схема резания соответствует цилиндрическому фрезерованию с радиальной подачей детали.

Главное движение (вращение шпинделя с фрезой) осуществляется от отдельного электродвигателя через плоскоременную передачу. Скорость резания изменяется за счет применения тиристорного привода типа ПТЗ-11/220/15-3000. Движение подачи осуществляется с помощью вальцового механизма. Механизм подачи установки — четырехвальцовый модуль, смонтированный на отдельной плите, вместе с приводом он может перемещаться в продольном и поперечном направлении.

Нижние подающие вальцы приводные, установлены в неподвижных опорах и приводятся в движение от электродвигателя постоянного тока с тиристорным регулированием угловой скорости вала. В кинематическую цепь подачи включены муфта, трехступенчатый редуктор и цепная передача. Верхние вальцы — прижимные, установлены в шарикоподшипниковых опорах. Усилие прижима регулируется пружинами с помощью винтового механизма.

Для базирования детали по кромке имеется регулируемая боковая направляющая линейка. Боковой прижим детали к направляющей линейке осуществляется подпружиненным роликом.

Технические данные экспериментальной установки приведены в табл. 1.

Рассмотрим эффективность применения разработанной экспериментальной установки для исследования фрезерного инструмента на износостойкость. На рис. 2 приведена схема для расчета и анализа параметров кинематики резания. В зависимости от положения детали относительно оси вращения фрезы возможны различные варианты.

Схемы резания могут влиять на характер износа режущего инструмента. Приведем анализ кинематических зависимостей для схем резания по рис. 2.

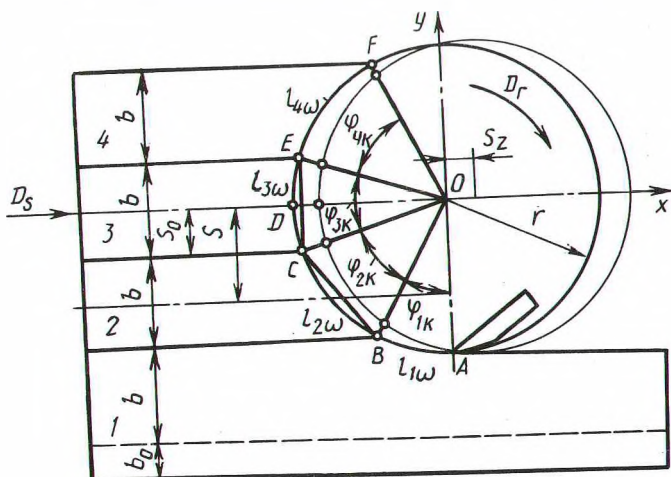


Рис. 2. Схемы резания при испытании инструмента на стойкость:

1 — цилиндрическое продольное фрезерование; 2 — асимметричное встречное; 3 — симметричное; 4 — асимметричное попутное фрезерование.



Таблица 1. Техническая характеристика установки

Параметры	Значения параметров
Размеры обрабатываемой детали, мм	
длина наименьшая	200
ширина наибольшая	150
ширина наименьшая	10
толщина наибольшая	80
толщина наименьшая	5
Угловая скорость шпинделя, рад·с <sup>-1</sup>	0–785
Скорость подачи, м/мин	0–24
Диаметр фрезы, мм	80–180
Мощность привода главного движения, кВт	6,5
Мощность привода подачи, кВт	0,6

При круговом резании дуга  $l_{\omega}$  контакта резца с древесиной определяется по уравнению

$$l_{\omega} = \frac{\pi d}{360} \cdot \varphi_{\kappa}^{\circ} \quad \text{или} \quad l_{\omega} = \frac{d}{2} \varphi_{\kappa},$$

где  $d$  — диаметр окружности резания;  $\varphi_{\kappa}^{\circ}$  — угол контакта, град;  $\varphi_{\kappa}$  — угол контакта, рад.

Угол контакта  $\varphi_{3\kappa}$  для схемы 3 определим из  $\triangle COE$ :

$$\varphi_{3\kappa} = 2 \sin^{-1} b/d. \quad (3)$$

Подставив  $\varphi_{3\kappa}$  из формулы (3) в формулы (1), (2), получим формулы для расчета дуги резания:

$$l_{\omega} = \frac{\pi d}{180} \sin^{-1} b/d \quad (4)$$

или

$$l_{\omega} = d \sin b/d. \quad (5)$$

При фрезеровании детали длиной  $l$  общий путь резания  $l_t$  можно рассчитать по следующей зависимости:

$$l_t = \frac{l l_{\omega}}{s_z Z} = \frac{l \pi d}{180 s_z Z} \sin^{-1} \frac{b}{d}, \quad (6)$$

где  $Z$  — количество резцов;  $S_z$  — подача на оборот фрезы.

При асимметричном фрезеровании (рис. 2, позиции 2, 4) ось симметрии детали, оставаясь параллельной направлению движения  $D_s$  подачи, смещена на расстояние  $s$  от оси  $O$  вращения фрезы. Нетрудно убедиться, что при симметричном фрезеровании (при одних и тех же значениях  $b$  и  $d$ ) дуга контакта  $l_{3\omega}$  будет меньше дуги контакта  $l_{2\omega}$ , а следовательно, и общий путь резания также будет меньше.

В зависимости от соотношения  $d$ ,  $s$  и  $b$  ось вращения фрезы может находиться в пределах детали при ширине детали 2, 3, или вне ее — при положении 2, или за пределами фрезы — при положении детали 1.

Угол контакта  $\varphi_{2к}$  находим по уравнению

$$\varphi_{2к} = \cos^{-1} \left( \frac{2s - b}{d} \right) - \cos^{-1} \left( \frac{b + 2s}{d} \right).$$

Дугу контакта  $l_{\omega}$  и общий путь  $l_t$  резания определяем по формулам (4-6).

Для удобства и повышения точности настройки установки на требуемую дугу резания при асимметричной подаче детали 2 целесообразно ввести расстояние  $s_0$  между осью фрезы  $X$  и боковой базирующей поверхностью линейки. В этом случае дугу контакта можно найти по формуле

$$l_{\omega} = \frac{\pi d}{360} \left( 90^\circ - \left( \sin^{-1} \frac{s_0}{r} + \cos^{-1} \frac{b + s_0}{r} \right) \right).$$

Приведем сравнительный анализ эффективности схем резания (см. рис. 2) при испытании фрезерного инструмента на износостойкость. Рассмотрим схемы подачи детали 1, 2, 3. Для расчета примем следующие исходные данные:  $d = 125$  мм;  $l = 1$  м;  $s_z = 0,2$  мм;  $Z = 1$ ;  $n = 6000$  мин<sup>-1</sup>;  $b = r$ ;  $s = r/2$ . Для цилиндрического фрезерования с тангенциальной подачей глубина снимаемого слоя колеблется в пределах  $0 < h < 6$  мм. Примем  $h = 2, 4, 6$  мм.

Для симметричной схемы резания  $s = 0$ ,  $l_{3\omega} = \frac{\pi}{6} d$ , для асимметричной схемы резания  $s = r/2$ ,  $l_{2\omega} = \pi/4 d$ .

Коэффициент увеличения дуги контакта при асимметричной схеме резания  $K_{\omega} = l_{2\omega}/l_{3\omega} = \pi d/4\pi d = 1,5$ .

За один цикл обработки детали длиной  $l = 1$  общий путь резания при  $h = 2, 4, 6$  мм для схемы 1 соответственно составляет  $l'_{1t} = 2449$  м,  $l''_{1t} = 1680$  м,  $l'''_{1t} = 1370$  м; для схемы 2  $l'_{2t} = 490$  м; для схемы 3  $l'_{3t} = 327$  м.

Время, затраченное на эксперимент для каждой из трех схем,  $t'_1 = 25,7$  мин;  $t''_1 = 12,5$  мин;  $t'''_1 = 8,3$  мин;  $t_2 = t_3 = 0,83$  мин. Коэффициент увеличения времени на эксперимент  $K_{1t} = 31,0$ ;  $K_{2t} = 15$ ;  $K_{3t} = 10$ . Соответственно увеличивается цикличность работы инструмента. Если при подаче детали по радиусу число циклов  $N$  нагружения  $N_{2,3} = 5000$ , то при тангенциальной подаче для  $h = 2, 4, 6$  мм соответственно  $N'_1 = 155\ 000$ ;  $N''_1 = 75\ 000$ ;  $N'''_1 = 50\ 000$ .

Следует учесть также коэффициент использования ширины обрабатываемой детали. Если при радиальной подаче детали коэффициент использования ее ширины  $K_b = 1$ , то при тангенциальной подаче для рассматриваемого случая  $K_b \approx 0,6$ . Оставшуюся часть детали можно использовать для радиальной подачи. При эксперименте на установке на базе четырехстороннего продольно-фрезерного станка необходимы два оператора, на предлагаемой установке — один. Наладка и настройка такой установки требуют незначительных затрат времени, в то время как установка на базе станка С26-2 требует больших затрат времени.

Для увеличения пути резания можно подобрать такую ширину детали  $b$  и ее смещение  $s_0$ , чтобы получить путь резания, близкий к пути при тангенциальной подаче.

Таким образом, предлагаемую экспериментальную установку можно эффективно применять для ускоренных сравнительных испытаний дереворежущего инструмента на износостойкость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытание режущего инструмента на стойкость. — М., 1985. 2. Зотов Г.А. Ускоренные испытания дереворежущего инструмента на стойкость // Оборудование, автоматизация и вопросы механизации процессов деревообработки. — М., 1981. — Вып. 132. — С. 82–85. 3. Моисеев А.В., Горюшкин А.Г. Установка для исследования стойкости резцов // Механическая технология древесины. — Минск, 1971. — Вып. 1. — С. 93–95.

УДК 674.05

А.Г. ЛАХТАНОВ, Н.В. БУРНОСОВ

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМОСБРАЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ПРИ АГРЕГАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ БРЕВЕН

Понятие агрегатной переработки в последнее время связывают с совмещением по времени нескольких операций технологического процесса для выработки определенных изделий. В лесопилении это прежде всего относится к совмещению операций по формированию плоскостей пластей и кромок пилопродукции, а также технологической щепы из бревен. Достоинства агрегатной переработки бревен достаточно известны и общепризнаны. В нашей стране и за рубежом интенсивное совершенствование агрегатной технологии, оборудования и инструмента способствует неуклонному росту объемов перерабатываемого сырья агрегатным способом, созданию практически безотходной технологии и высокопроизводительного оборудования [1].

Большое разнообразие существующих агрегатных способов получения продукции, конструкций оборудования и инструмента требует анализа и определенной классификации.

Формирование плоскостей (пластей и кромок) продукции в агрегатных станках осуществляется фрезами и пилами. Поэтому обычно различают процессы агрегатной переработки по способу резания: фрезерование цилиндрическое, коническое, торцовое или фрезерование и пиление дисковыми или ленточными пилами. Соответственно различают и оборудование: линии агрегатной переработки бревен (ЛАПБ) — используют способ цилиндрического фрезерования для одновременного формирования щепы и плоскостей фигурного бруса с последующим раскроем его на пилопродукцию дисковыми пилами; линии фрезернопильные (ЛФП) — применяют один или несколько способов предварительного фрезерования для формирования щепы и плоскостей бруса с последующим раскроем его на более мелкую пилопродукцию дисковыми