

Заключение. Предварительные результаты первичных экспериментов показали, что интенсивность измельчения материалов с дополнительно загруженными мелкими мелющими телами значительно выше и эффективнее, чем в традиционных мельницах, так как в межвитковых зонах можно обеспечить предельно допустимые по условиям прочности по контактным напряжениям измельчающих элементов — витков пружины рабочего органа и мелющих тел.

Создание нового эффективного оборудования для комплексной переработки материалов необходимо для производства продуктов с дополнительными потребительскими свойствами или специального назначения. Область применения аппаратов подобного назначения не только огромна, но и постоянно расширяется, охватывая практически все сферы деятельности человека, начиная от бытовой техники и заканчивая космическими технологиями.

Список цитируемых источников

1. Селективное измельчение минералов / В. И. Ревнивцев [и др.]. — М.: Недра, 1988. — 286 с.
2. Пружинная шаровая мельница : пат. 29820 Kaz : МПК ВО2с 19/22 / Б. А. Унаспеков [и др.] ; дата публ.: 15.05.2015.

УДК 621.9

А. Н. Жигалов, И. С. Кандыбович, Д. В. Калоша

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА ИЗНОС ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ НОЖЕЙ

Введение. В работе авторов [1] обоснована необходимость повышения стойкости режущей кромки дереворежущих ножей для повышения эффективности и производительности процесса деревообработки. Инструмент приобретает необходимую, характерную для данного инструментального материала твердость и износостойкость. Показано, что наиболее рациональным выбором процесса упрочнения ножей является метод ионно-плазменного азотирования (далее — ИПА), имеющий ряд преимуществ перед другими видами обработки.

Основная часть. Для осуществления количественной оценки износа режущей кромки дереворежущих ножей от времени резания проведены следующие исследования. Обработке методом фрезерования на роторно-проходном специальном станке модели ЛОТ1БТД03-003 подвергались тонкомерные хвойные лесоматериалы основных пород $d = 160 \dots 200$ мм и $l = 4000$ мм с припуском на длину $+30 \dots +50$ мм, с неограниченным количеством сучков, что соответствует СТБ 1711-2007. В модели станка ЛОТ1БТД03-000 частота вращения ротора составляет $1000 \dots 3000$ об./мин. Режимы резания регулируются также и скоростью подачи заготовки и находятся в пределах $4,5 \dots 9,0$ м/мин. Скорость подачи изменяется вручную, исходя из внешних особенностей обрабатываемой древесины.

Исследования осуществлялись на радиально устанавливаемых черновых и чистовых ножах для роторной головки станка, изготовленных из быстрорежущей стали Р6М5. Данная инструментальная сталь является универсальным материалом для изготовления режущего инструмента в деревообрабатывающем производстве. Двухгранные черновые и чистовые ножи устанавливались в роторной головке так, что углы в точке соприкосновения заготовки и режущей кромки для чистовых и черновых ножей были равны $\varphi = 33^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$ соответственно.

Контроль и сравнение износа режущей кромки ножей, обработанных и не обработанных ИПА, проводился в течение 1,5 месяцев путем отслеживания уменьшения размеров ножей. Износ ножей замерялся по задней поверхности ножа при помощи микрометра модели МК50 с ценой деления 0,001 мм. Замеры производились через 5 минут резания. Профиль изношенных ножи также фиксировался на инструментальном стереоскопическом микроскопе Stemi 2000-C с точностью измерений 0,001.

Предварительные исследования показали, что наибольшее влияние на износ ножей, упрочненных методом ИПА, оказывают скорость резания v и подача s , в связи с чем принималось количество вариационных параметров обработки, равное двум: v и s . Применялся план полнофакторного эксперимента, состоящий из пяти опытов для каждого материала в пределах вариации минимальных (-1), нулевых (0) и максимальных (+1) значений параметров. Назначался диапазон вариации для каждого параметра исходя из данных рекомендаций литературы, а также с учетом возможности установки на станке реальных режимов резания. Используемые режимы резания представлены в таблице 1.

Для каждого опыта из таблицы 1 строились графики изменения величин износа ножей (не упрочненных и упрочненных ИПА) по задней поверхности h_3 (с линиями тренда в виде степенной функции) от времени резания. На рисунке приведены зависимости (с линиями тренда) износа ножей из стали Р6М5, упрочненных ИПА, от времени резания на различных режимах обработки.

Далее строились зависимости износа в логарифмической системе, логарифмируя значения величин износа и времени по десятичному логарифму (рисунок 1).

Определялись коэффициенты n и a для степенной зависимости $h_3 = at^n$ по методике [2]. В таблице 2 приведены полученные степенные зависимости.

Т а б л и ц а 1 — Режимы обработки для ножей при фрезеровании тонкомерных хвойных лесоматериалов

Опыт	n_{ϕ} , об. / мин		V_s , м / мин	
	1	1 800	0	6,5
2	1 200	-1	6,5	0
3	1 800	0	5,0	-1
4	1 800	0	8,0	+1
5	2 400	+1	6,5	0

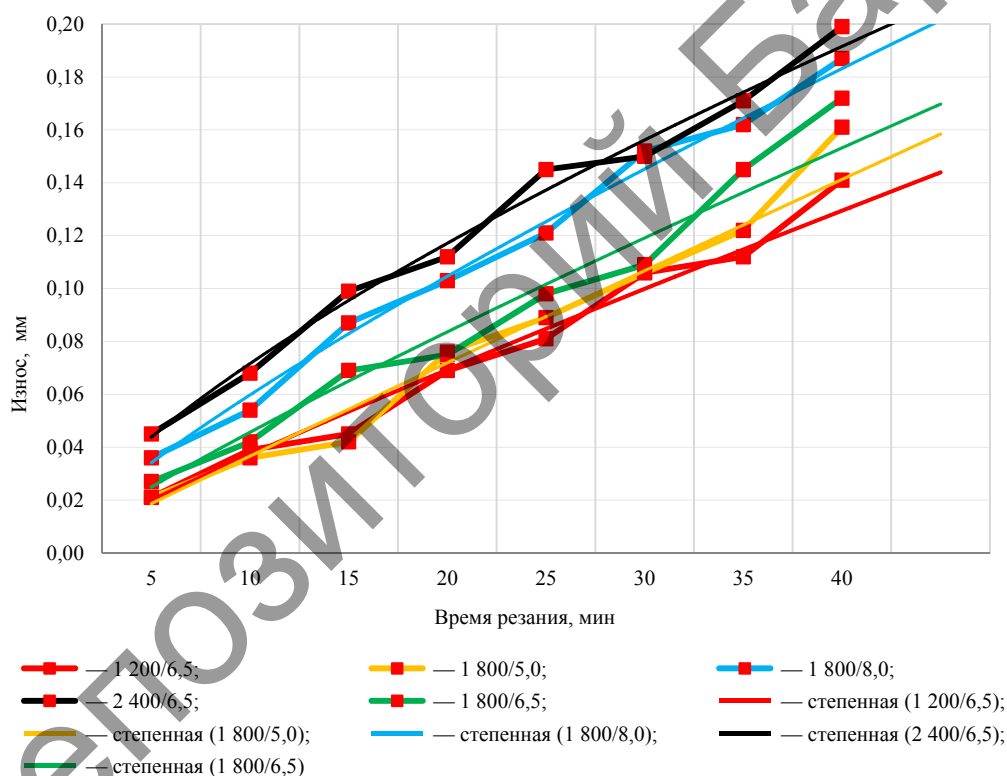


Рисунок 1 — Зависимости (с линиями тренда) износа по задней поверхности h_3 ножей из стали Р6М5, упрочненных ИПА, от времени резания при фрезеровании тонкомерных хвойных лесоматериалов сосновых пород $d = 160 \dots 200$ мм на различных режимах резания

Т а б л и ц а 2 — Зависимости износа по задней поверхности h_3 от времени резания τ для дереворежущих ножей из стали Р6М5 при фрезеровании тонкомерных хвойных лесоматериалов сосновых пород $d = 160 \dots 200$ мм на различных режимах обработки

Опыт	Режимы резания		Зависимости износа по задней поверхности от времени резания	
	n_{ϕ} , об. / мин	V_s , м / мин	без дополнительной обработки	после ИПА
1	1 800	6,5	$h_3 = 0,025\tau^{0,792}$	$h_3 = 0,003\tau^{1,108}$
2	1 200	6,5	$h_3 = 0,039\tau^{0,616}$	$h_3 = 0,005\tau^{0,906}$
3	1 800	5,0	$h_3 = 0,041\tau^{0,629}$	$h_3 = 0,004\tau^{0,985}$
4	1 800	8,0	$h_3 = 0,058\tau^{0,547}$	$h_3 = 0,009\tau^{0,817}$
5	2 400	6,5	$h_3 = 0,074\tau^{0,49}$	$h_3 = 0,007\tau^{0,72}$

Заключение. Анализ полученных степенных зависимостей износа дереворежущих ножей от времени обработки при фрезеровании тонкомерных хвойных лесоматериалов сосновых пород $d = 160...200$ мм на различных режимах резания показывает, что износ ножей, упрочненных ИПА, значительно меньше, чем ножей без воздействия ИПА, на что указывают коэффициенты a и n . В количественном соотношении при 40 мин резания износ ножей с ИПА в 2,4...4,5 раза меньше, чем без ИПА, что указывает на эффективность применения метода ИПА для обработки дереворежущих ножей. Полученными степенными зависимостями износа от времени резания удобно пользоваться для предварительного выбора режимов резания, а также количественно оценивать и предсказывать их стойкостные свойства.

Список цитируемых источников

1. Кандыбович, И. С. Эффективность упрочнения деревообрабатывающих ножей ионно-плазменным азотированием / И. С. Кандыбович, А. Н. Жигалов // Содружество наук. Барановичи-2019 : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. молодых исследователей, Барановичи, 16 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2019. — С. 134.
2. Шелег, В. К. Исследование влияния метода аэродинамического звукового упрочнения на износ твердосплавного инструмента при фрезерной обработке материала из стали / В. К. Шелег, А. Н. Жигалов // Гор. механика и машиностроение. — 2019. — № 3. — С. 56—65.

УДК 621.9

А. Н. Жигалов, Л. Л. Сотник, А. Д. Филипович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА, УПРОЧНЕННОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ, В ПРОГРАММЕ DEFORM

Введение. В работе авторов [1] обоснована возможность исследования процесса фрезерования твердосплавным инструментом, упрочненным аэродинамическим звуковым методом (АДУ).

Основная часть. С учетом данных наработок [1] проведены экспериментальные исследования износа режущего твердосплавного инструмента, упрочненного (далее — АДУ), при фрезеровании. Работы по моделированию зависимостей износа твердосплавного инструмента от параметров обработки проведены по методике [2]. Износ режущего лезвия по задней поверхности h_3 от времени резания τ определялся в виде степенной функции $h_3 = a\tau^n$. Обработке на фрезерно-карусельном станке ГФ2110 подвергались заготовки с размерами 25×16 мм из стали 45 твердостью $HВ 178...198$. На каждой установке в пакете было по три заготовки, что позволяло имитировать наличие ударных нагрузок. В качестве инструмента использовалась фреза диаметром 63 мм с пятью зубьями одного сплава МС111. Замеры износа h_3 производились на инструментальном стереоскопическом микроскопе Stemi 2000-С с точностью измерений 0,001 мм.

Исследования показали, что наибольшее влияние на износ твердосплавных пластин, упрочненных методом АДУ, оказывают по ранжиру такие параметры обработки, как скорость резания v , подача на зуб s_z и глубина резания t , в связи с чем принималось количество вариационных параметров обработки, равное трем: v , s_z , t . План полнофакторного эксперимента включал семь опытов для каждого материала и состоял из вариации минимальных (–1), нулевых (0) и максимальных (+1) значений варьируемых параметров. Назначался диапазон вариации для каждого параметра исходя из рекомендаций литературы, а также с учетом возможности установки на станке реальных режимов резания (таблица 1).

Для каждого опыта строились графики изменения износа от времени для зоны устоявшегося резания в абсолютной и логарифмической системах, логарифмируя значения величин износа и времени по десятичному логарифму. Графики обрабатывались следующим образом. На графиках, построенных в логарифмической системе, замерялись значения координат для начальной и конечной точек, между которыми соблюдалась прямолинейность линии. Для аналогичных точек на графиках, построенных в абсолютной системе, также фиксировались значения износа. Коэффициенты n и a в формуле износа определялись по значениям величин износа в соответствующих точках в абсолютной и логарифмической системах. Полученные степенные зависимости износа по задней поверхности h_3 от времени τ при различных режимах резания приведены в таблице 1.

Для проверки адекватности полученных степенных зависимостей проведены дополнительные экспериментальные исследования. На режимах резания $v = 158,3$ м / мин, $s_z = 0,13$ мм / зуб, $t = 1,0$ мм, которые соответствовали опыту 1 (см. таблицу 1), фрезеровались заготовки из стали 45 пластинами МС111, не упрочненными и упрочненными АДУ.

По результатам замеров значений износа были построены экспериментальные кривые и линии тренда, описываемые эти кривые степенными зависимостями (рисунок 1). Также графически наносились и теоретические кривые, которые строились по полученным степенным зависимостями $h_3 = 0,127\tau^{0,247}$ — для неупрочненного сплава и $h_3 = 0,113\tau^{0,234}$ — для сплава, упрочненного АДУ.