

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 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.

Экспериментальные и теоретические зависимости (см. рисунок 1) показали хорошую совместимость (величины погрешности не превышают 8 %-ный рубез), что указывает на правильность теоретических расчетов.

По степенным зависимостям рассчитаны количественные показатели величин износа для пластин, не упрочненных и упрочненных АДУ, а также произведены их сравнения между собой.

Результаты имитационных исследований процесса износа в программе DEFORM (рисунок 2) показали, что обработка твердым сплавом MC111, упрочненным методом АДУ, деталей из стали 45 ($v = 158,3$ м / мин; $s_z = 0,12$ мм / зуб; $t = 1,0$ мм) способствует снижению интенсивности практически всех показателей, присутствующих в зоне резания, и способна увеличить стойкость инструмента приблизительно на 60 %. Данные результаты довольно хорошо совпадают с экспериментальными результатами (см. таблицу 1).

Т а б л и ц а 1 — Зависимости износа по задней поверхности h_3 от времени τ для твердосплавных пластин MC111 при фрезеровании стали 45

Опыт	Режимы резания			Зависимости износа по задней поверхности от времени	
	v , м / мин	s_z , мм / зуб	t , мм	Пластины MC111н	Пластины MC111у
1	158,3	0,13	1,0	$h_3 = 0,127\tau^{0,247}$	$h_3 = 0,113\tau^{0,234}$
2	124,6	0,13	1,0	$h_3 = 0,103\tau^{0,325}$	$h_3 = 0,078\tau^{0,302}$
3	158,3	0,13	1,5	$h_3 = 0,165\tau^{0,261}$	$h_3 = 0,106\tau^{0,255}$
4	158,3	0,13	0,5	$h_3 = 0,126\tau^{0,279}$	$h_3 = 0,095\tau^{0,267}$
5	158,3	0,11	1,0	$h_3 = 0,077\tau^{0,413}$	$h_3 = 0,067\tau^{0,387}$
6	158,3	0,26	1,0	$h_3 = 0,096\tau^{0,391}$	$h_3 = 0,088\tau^{0,311}$
7	197,8	0,13	1,0	$h_3 = 0,087\tau^{0,454}$	$h_3 = 0,080\tau^{0,388}$

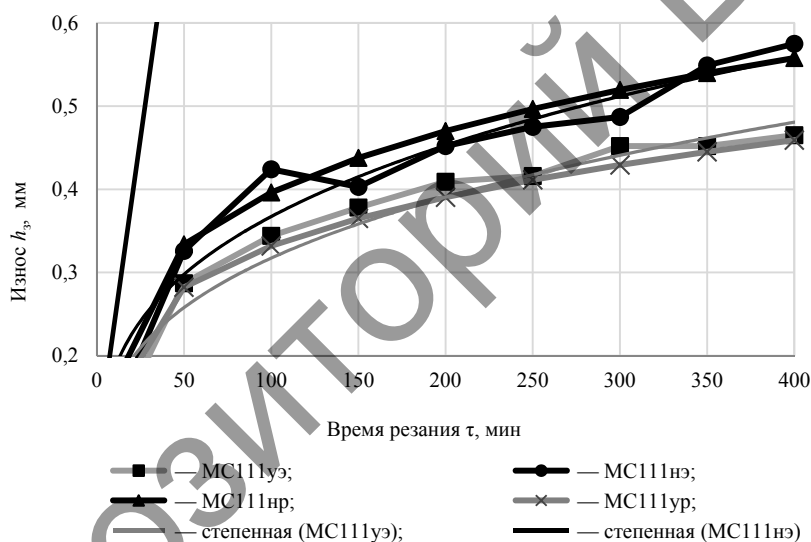


Рисунок 1 — Теоретические и экспериментальные (с линией тренда) зависимости износа по задней поверхности h_3 сплава MC111 при $v = 158,3$ м / мин; $s_z = 0,13$ мм / зуб; $t = 1,0$ мм (н — не упрочненный; у — упрочненный АДУ; р — расчетный; э — экспериментальный)

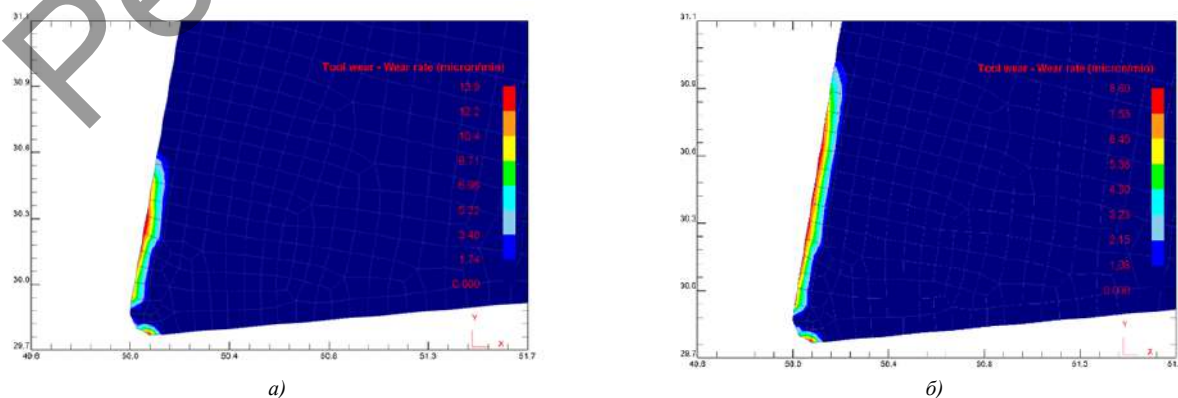


Рисунок 2 — Результаты имитационных исследований износа инструмента из сплава MC131, не упрочненного (а) и упрочненного АДУ (б)

Заключение. Полученные степенные зависимости износа пластин сплава MC111 от времени резания при фрезеровании стали 45 на различных режимах обработки показывают, что износ неупрочненных пластин больше, чем пластин, упрочненных АДУ, на что указывают значения коэффициентов степенных функций. В количественном соотношении при 400 мин резания износ пластин MC111, упрочненных АДУ, в 1,2...1,6 раз меньше, чем без АДУ, что указывает на эффективность метода АДУ для упрочнения пластин твердосплавных, используемых для фрезерования. 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. Жигалов, А. Н. Исследование процессов фрезерования в программном продукте DEFORM / А. Н. Жигалов, А. Д. Филипович // 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. 130.
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. Жигалов¹, В. К. Шелег²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Белорусский национальный технический университет, Минск

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРЕРЫВИСТОГО РЕЗАНИЯ

Введение. При процессах прерывистого резания, протекающих в наиболее тяжелых условиях из-за явлений удара при врезании инструмента в заготовку и выходе из нее, частого циклического изменения температурного поля на режущем клине инструмента при рабочих и холостых ходах, неблагоприятного расположения режущего клина инструмента в процессе стружкообразования и других явлений, происходит интенсивный износ металлорежущего твердосплавного инструмента, причем значительно больше уровня, чем при непрерывном резании. Поведение инструмента при таких процессах недостаточно глубоко изучено, имеется потребность в его дальнейшем исследовании.

Основная часть. Анализ производства твердосплавного инструмента показал, что дислокации, создающиеся в процессе изготовления твердых сплавов, являются основным источником образования аномальных явлений, происходящих при эксплуатации твердосплавного инструмента. В окончательно изготовленном твердосплавном продукте образуются погрешности структуры с плотностью дислокаций порядка $10^6 \dots 10^7 \text{ м}^{-2}$. Недостатком твердых сплавов является их повышенная хрупкость, образующаяся от имеющейся в сплаве высокой плотности дислокаций, которая, в свою очередь, создает высокую твердость, равную $85 \dots 91 \text{ HRA}$, что, с другой стороны, является основным преимуществом твердых сплавов. Специфика обработки поверхностей при прерывистом резании указывает, что создание новых технологий изготовления или упрочнения твердосплавного инструмента должно происходить в направлении обеспечения в твердых сплавах повышенной твердости и ударной вязкости.

Тенденции развития мировых производителей твердосплавного инструмента направлены на совершенствование технологий получения субмикронных карбидов, создание мелкодисперсных поликристаллических структур, наноструктурных твердых сплавов, совершенствование «связки», связанное с использованием высокопрочных и жаростойких связок, содержащих кроме кобальта тугоплавкие металлы, не образующие устойчивых карбидов, изменение структуры сплава за счет равномерности распределения его компонентов по объему изделия, однородности карбидных зерен, входящих в его состав, по размеру, форме и т. д., создание универсальных конструкций стружколомающих рельефов на передней поверхности твердосплавного инструмента, совершенствование технологий упрочнения рабочих поверхностей твердосплавного инструмента и нанесения на них покрытий с высокой износостойкостью. Все указанные мероприятия сопряжены с большими финансовыми затратами и не в состоянии в полном объеме решить проблему повышения стойкости инструмента при работе с ударами, большими переменными нагрузками. Существующие методы упрочнения, основанные на высокоэнергетических и высокотемпературных воздействиях на структуру сплава, не в состоянии достичь одновременно высоких свойств, связанных с прочностью и твердостью, из-за того, что высокотемпературный источник энергии, благодаря которому осуществляется упрочнение, наряду с увеличением прочностных характеристик, обеспечивает снижение поверхностной твердости из-за возникновения отпуска структуры при остывании материала. Низкотем-