

ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 674.055

П. В. Рудак, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ);
А. А. Гришкевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. В. Раповец, ассистент (БГТУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье приводятся результаты совместных экспериментальных исследований кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ и Института металлообрабатывающего оборудования, отдела деревообработки Штутгартского университета (Германия). Выполнены исследования силовых характеристик процесса обработки древесины различных пород, а также древесных материалов концевыми фрезами двух различных конструкций: с непрерывным и прерывистым каналами отвода стружки из зоны резания. Установлено, что на эффективность удаления стружки из зоны резания оказывает существенное влияние конструкция инструмента, которая отражается на силовых и энергетических показателях процесса обработки.

The article deals with results of shared research of the department of woodworking machinery and equipment (BSTU) and Institute of metalworking equipment, department of woodworking Stuttgart University. Fulfilled experimental research of power descriptions of process of treatment of wood of different breeds are brought in the article, and also arboreal materials by the end milling cutters of two different constructions: with continuous and irregular canals taking of shaving from the area of cutting. It is set that on efficiency of delete of shaving from the area of cutting the construction of instrument renders substantial influence, here, affecting power and power indexes of process of treatment.

Введение. Для получения из древесины и древесных материалов мебельных, строительных и других деталей разной формы широко применяют хвостовые фрезы, обеспечивающие возможность не только обрабатывать заготовку по периметру (снимаемый припуск меньше диаметра фрезы), но и осуществлять ее раскрой (снимаемый припуск равен диаметру фрезы). Это позволяет за одну установку заготовки на рабочем столе станка произвести целый комплект деталей.

Распространено фрезерование хвостовыми фрезами, при котором режущие кромки инструмента в процессе вращения описывают цилиндрическую поверхность (цилиндрическое фрезерование), что позволяет осуществлять чистовую обработку боковых поверхностей заготовок параллельно оси вращения инструмента [1]. Именно такого рода боковые поверхности находят широкое распространение в изделиях из древесных материалов, в частности из ДСТП.

Для обеспечения энерго- и ресурсоэффективности обработки древесины и древесных

материалов хвостовыми фрезами на современных высокопроизводительных деревообрабатывающих станках большое значение имеют исследования влияния на силу, мощность резания и качество обработанной поверхности таких режимных параметров, как средняя толщина стружки ($a_{ср}$, мм), снимаемый припуск на обработку (h , мм), частота вращения хвостовой фрезы (n , мин⁻¹), радиус хвостовой фрезы (R , мм), направление подачи (встречная, попутная) [2, 3].

В то же время эффективность удаления стружки из зоны резания также оказывает существенное влияние на силовые и энергетические показатели процесса обработки.

В связи с этим на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов проведены экспериментальные исследования силовых характеристик процесса обработки различных древесных материалов хвостовыми фрезами двух конструкций. Хвостовая фреза первой конструкции характеризуется непрерывными межзубными пространствами, что обеспечивает непрерывный канал отвода стружки (рис. 1).

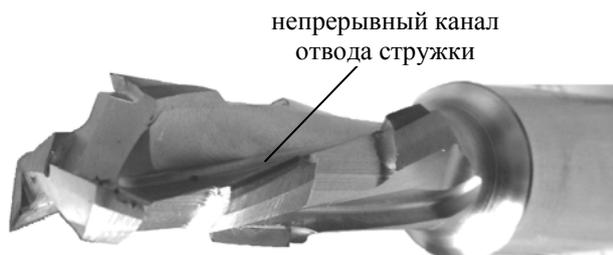


Рис. 1. Хвостовая фреза с непрерывным межзубным пространством

Хвостовая фреза второй конструкции характеризуется прерывистыми межзубными пространствами, что может обеспечивать большее сопротивление сходу стружки (рис. 2).



Рис. 2. Хвостовая фреза с прерывистым межзубным пространством

Диаметры окружностей резания, количества резцов, угловые характеристики хвостовых фрез двух конструкций не отличались.

Основная часть. В качестве измерительной системы использовался универсальный динамометрический мост типа УДМ-1200, который позволяет измерять и регистрировать три взаимно перпендикулярные составляющие силы резания вдоль координатных осей.

В комплект измерительной системы входят универсальный динамометр УДМ-1200, на котором крепится обрабатываемый материал; тензометрическая измерительная система EX-UT10 (Япония), позволяющая регистрировать аналоговые данные с УДМ-1200, обрабатывать, сохранять, передавать и представлять в удобном для пользователя виде уже оцифрованные данные; персональный компьютер HP Compaq nx 7400 и соединительные провода. Измерительная система устанавливалась на современный деревообрабатывающий центр с ЧПУ ROVER B 4.35 (рис. 3).

При действии сил резания на образец древесины (древесного материала), закрепленный в динамометре-датчике УДМ-1200, деформируются тензометрические датчики, сопротивление которых изменяется пропорционально прикладываемым усилиям и изгибающему моменту, чем и определяется пропорциональное изменение сигнала. Аналоговый сигнал от динамометра дат-

чика по трем каналам поступает далее на входы измерительной системы EX-UT10, где регистрируется, обрабатывается и затем уже оцифрованный сигнал передается с высокой точностью на персональный компьютер [4, 5].

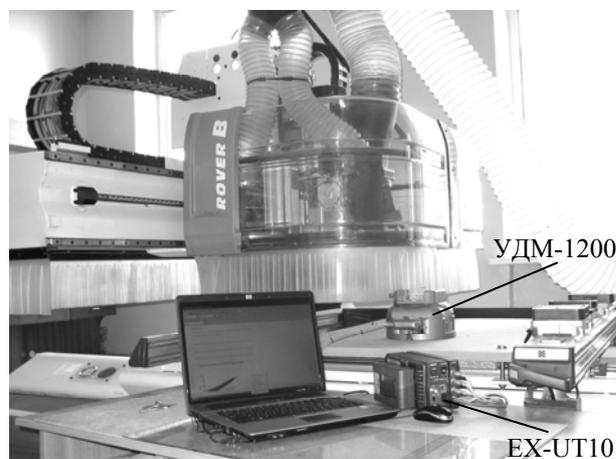


Рис. 3. Экспериментальная установка

Исследования для фрезы со сплошным каналом отвода стружки (конструкция 1) осуществлялись для трех положений хвостовой фрезы относительно заготовки (-1, 0, +1) (рис. 4).

Принятая толщина стружки $e = 0,35$ мм.

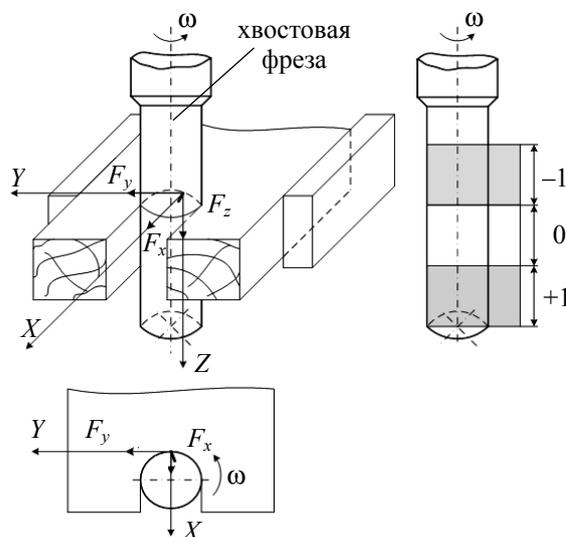


Рис. 4. Схема обработки заготовок хвостовыми фрезами

Опыты показали незначительное влияние положения фрезы относительно заготовки на регистрируемые силовые параметры. Для фрезы с прерывистым каналом отвода стружки опыты проводились только для положения 0.

Результаты проведенного эксперимента для сравнения работы двух хвостовых фрез с регистрацией силовых характеристик представлены в таблице.

На рис. 5 даны графики зависимостей величин касательной составляющей силы резания от частоты вращения хвостовой фрезы при обработке различных пород древесины, а также различных древесных материалов (после названия обрабатываемого материала указан номер хвостовой фрезы, которой выполнялась обработка).

Заключение. В результате анализа экспериментальных данных установлено, что на эффективность удаления стружки из зоны резания оказывает существенное влияние конструкция инструмента, которая отражается на силовых и энергетических показателях процесса обработки.

Результаты проведенного эксперимента

Материал	Позиция инструмента	Частота вращения инструмента n , мин ⁻¹	Скорость подачи V_s , м/мин	Силы, Н (фреза со сплошным каналом отвода стружки, фреза 1)			Силы, Н (фреза с прерывистым каналом отвода стружки, фреза 2)		
				F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
MDF	+1	12 000	6,6	32,576	176,432	19,469	—	—	—
		16 000	8,8	36,937	177,536	11,008	—	—	—
		20 000	11,0	39,835	180,262	12,649	—	—	—
	0	12 000	6,6	31,931	174,773	51,225	17,250	138,509	57,440
		16 000	8,8	36,513	175,685	52,826	15,640	143,872	56,675
		20 000	11,0	35,137	166,887	54,327	15,225	153,671	61,933
	-1	12 000	6,6	40,626	172,279	59,752	—	—	—
		16 000	8,8	38,718	168,776	58,546	—	—	—
		20 000	11,0	41,016	166,259	58,550	—	—	—
ДСтП	+1	12 000	6,6	45,863	112,797	46,125	—	—	—
		16 000	8,8	47,247	117,446	6,325	—	—	—
		20 000	11,0	46,399	122,831	12,055	—	—	—
	0	12 000	6,6	40,907	115,984	7,099	38,277	115,299	42,258
		16 000	8,8	44,161	117,450	36,793	33,499	102,657	37,118
		20 000	11,0	47,333	117,346	36,861	35,579	110,306	40,661
	-1	12 000	6,6	48,468	126,672	42,711	—	—	—
		16 000	8,8	49,112	123,736	40,911	—	—	—
		20 000	11,0	49,817	124,436	46,219	—	—	—
Береза	+1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—
	0	12 000	6,6	43,726	298,973	92,775	17,149	254,223	93,513
		16 000	8,8	26,908	299,094	88,000	14,611	250,466	100,591
		20 000	11,0	49,171	308,514	83,189	13,134	253,608	96,624
	-1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—
Ясень	+1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—
	0	12 000	6,6	39,981	311,057	84,275	12,124	272,824	102,156
		16 000	8,8	47,515	322,847	93,945	17,091	252,128	95,859
		20 000	11,0	50,845	320,625	87,423	14,72	262,697	103,584
	-1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—
Бук	+1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—
	0	12 000	6,6	42,661	252,820	67,353	21,392	214,481	75,722
		16 000	8,8	41,208	230,373	56,529	25,265	203,426	74,262
		20 000	11,0	42,956	228,943	72,523	16,489	216,889	82,896
	-1	12 000	6,6	—	—	—	—	—	—
		16 000	8,8	—	—	—	—	—	—
		20 000	11,0	—	—	—	—	—	—

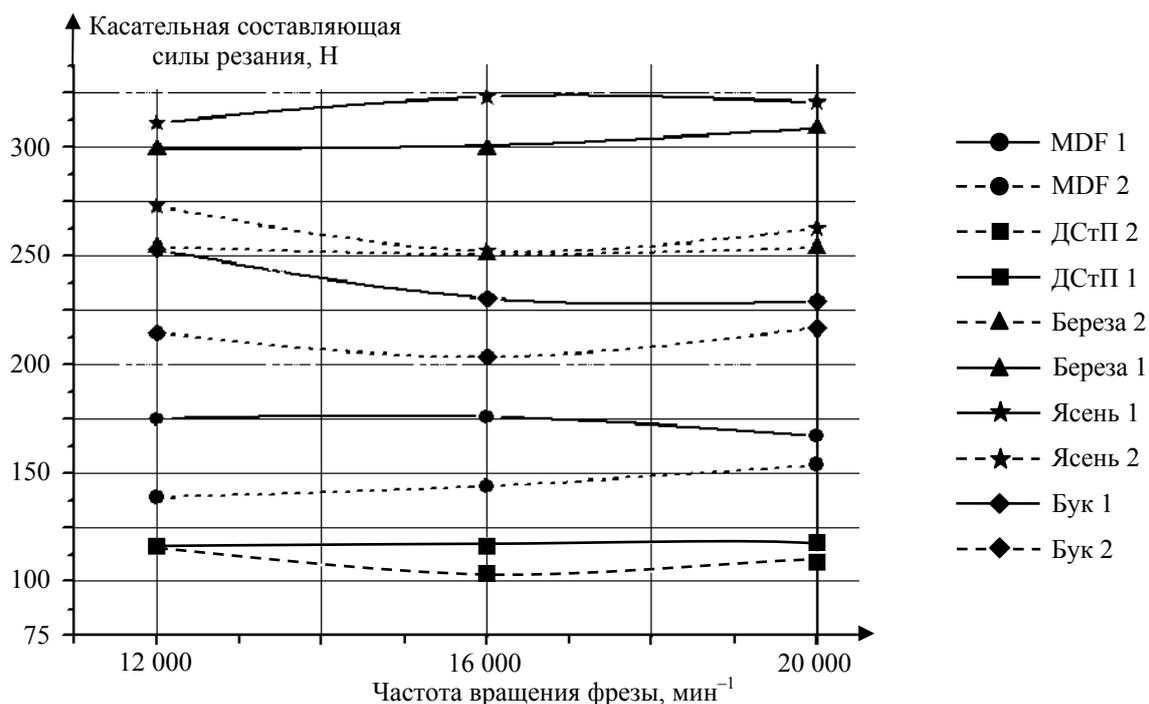


Рис. 5. Графики зависимостей величин касательной составляющей силы резания от частоты вращения хвостовой фрезы

Фреза с прерывистым каналом отвода стружки показала несколько лучшие результаты по силовым характеристикам процесса в сравнении с инструментом другой конструкции. Это объясняется механизмом удаления продуктов резания из зоны разрушения материала (двойное стружкообразование). Однако направленность отвода стружки (организация потока) из зоны резания у фрезы с непрерывным каналом лучше.

На образцах из натуральной древесины получили ожидаемый рост сил резания, т. к. большие углы резания, свыше 80° (угол заточки 60°, задний угол 20°), не предназначены для обработки натуральной древесины.

Достоинство хвостовой фрезы с наклонными режущими элементами и непрерывным каналом отвода стружки, ориентирующей отходы обработки в сторону вытяжного колпака станка (вверх) или в сторону транспортера (вниз), может обеспечивать энергосбережение, позволяющее сократить мощность привода вентилятора системы аспирации. При этом с увеличением частоты вращения хвостовой фрезы данный фактор проявляется во все большей мере.

Процесс фрезерования древесных материалов на энерго- и ресурсосберегающих режимах характеризуется, как правило, энергопотреблением не более 1 кВт. При этом привод вентилятора системы аспирации должен обеспечивать требуемый расход воздуха и имеет мощность в 5–10 раз выше мощности на резание. Однако даже такие высокие мощности привода вентилятора не обеспечивают требуемую полноту аспирации.

В связи с этим перспективным является совершенствование конструкций хвостовых фрез с целью обеспечения возможности использования кинетической энергии стружки для ее удаления.

Корпус хвостовой фрезы с прерывистым каналом отвода стружки имеет большее поперечное сечение, что при одинаковых условиях эксплуатации обеспечивает более высокую усталостную прочность. Это также имеет большое значение, поскольку именно усталостные разрушения часто являются причинами аварийного выхода инструмента из строя.

Литература

1. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Выш. шк., 1975. – 304 с.
2. Позднякова, В. Н. Исследование основных геометрических параметров концевых фрез для обработки труднообрабатываемых древесных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / В. Н. Позднякова; Моск. лесотехн. ин-т. – М., 1981. – 24 с.
3. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учебник / В. И. Любченко. М.: Моск. гос. ун-т леса, 2002. – 310 с.
4. Оппенгейм, Э. Применение цифровой обработки сигналов / Э. Оппенгейм; пер. с англ.; под ред. А. М. Рязанцева. – М.: Мир, 1980. – 267 с.
5. Ящерицын, П. И. Теория резания: учебник / П. И. Ящерицын, Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2005. – 512 с.

Поступила 14.03.2011