

4. Один резец режет и формообразует

$$R_i < R_2, i \neq 1. \quad (12)$$

Следует отметить, что как в методике Б.М. Буглая [1], так и в предлагаемом расчете система СПИД принята абсолютно жесткой, и не учитываются ее упругие и температурные деформации, безусловно влияющие на кинематику процесса резания и на формирование обработанной поверхности. Этот вопрос требует дальнейшего изучения и учета.

Выводы:

1. Требования к точности совпадения радиусов резания резцов с точки зрения обеспечения участия в формировании поверхности и с точки зрения участия в процессе стружкообразования отличаются более чем на порядок в сторону последних.

2. Принятая на практике точность установки лезвий сборных фрез до 0,05 мм является теоретически обоснованной с точки зрения их участия в процессе стружкообразования.

3. Для более точного определения условий участия лезвий в формировании поверхности и в процессе стружкообразования необходимо дополнительно рассмотреть и учесть деформации системы СПИД.

Библиографический список

1. Буглай Б.М. Исследования и нормализация чистоты поверхности древесины: дис. д-ра.техн. наук. М.: МЛТИ, 1957.
2. Манжос Ф.М. Настройка дереворежущих станков. М.: Гослесбумиздат, 1955. 104 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
4. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 344 с.

*П.В. Рудак, Д.В. Куис
БГТУ, Минск, РБ
pima.legno@inbox.ru*

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН С ПОКРЫТИЯМИ ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ (TRIBOTECHNICAL TESTING OF THE HARD CUTTING BLADES COATED IN CYLINDRICAL CHIPBOARD MILLING)

В статье приводятся методика и результаты экспериментальных исследований коэффициентов трения, характеризующих процесс обработки ДСтП хвостовыми фрезами, оснащенными ножами с вакуумно-плазменными покрытиями.

The article presents the methodology and results of experimental studies of friction coefficients that characterize the processing of particleboard tail cutters, knives equipped with a vacuum-plasma coatings.

Введение. При исследовании процессов резания древесины и древесных материалов с целью энерго- и ресурсосбережения (разработка режимов резания, совершенствование режущего инструмента, повышение полноты аспирации) важным является установление условий трения в области образования стружки.

При этом следует учитывать особые условия эксплуатации инструмента, в частности, величины усилий, действующих на поверхностях режущего клина. Эти усилия могут быть рассчитаны по известным аналитическим соотношениям теорий резания. Точность данных расчетов решающим образом зависит от достоверности констант, в том числе и коэффициентов трения.

Известно, что изменение коэффициента трения при резании равносильно изменению угла резания и приводит к изменению формы стружкообразования. С уменьшением коэффициента трения стружка будет приближаться к сливной. Поэтому уменьшение коэффициента трения приводит также к улучшению качества обработки древесины.

Особенности трения в условиях резания древесных материалов по сравнению с обработкой других материалов ставят серьезные ограничения на применение стандартных методик определения триботехнических свойств дереворежущих лезвий.

Фрезерование древесных материалов осуществляют при высоких частотах вращения инструмента, что характеризует такой процесс резания, как высокоциклический. При этом сила резания при встречном фрезеровании меняется от минимального до максимального значения по мере увеличения толщины стружки при движении ножа по дуге контакта с обрабатываемым материалом.

Обрабатываемый древесный материал и образующаяся стружка обладают низкой теплопроводностью, в связи с этим практически вся теплота, образующаяся при резании, поглощается весьма ограниченной по площади зоной лезвия, которая может нагреваться до высоких температур (800 – 1000°C). Тепловые явления при резании оказывают значительное влияние на изменение микрогеометрии лезвия, а, таким образом, и на износ инструмента. Известно, что значительно увеличивают интенсивность износа продукты термодеструкции древесины, особенно их фракция, содержащая органические кислоты [1].

Древесный материал обладает высокой упругостью – в зоне резания возможны упругие восстановления, причем, в связи с волокнистым строением древесной основы процесс резания начинается только после достижения в волокнах достаточных механических напряжений – до этого лезвие сминает частицы обрабатываемого материала.

В связи с особенностями технологии изготовления физико-механические свойства древесностружечной плиты плоского прессования неравномерны по толщине, а как следствие, лезвие инструмента испытывает неравномерные механические, тепловые и др. нагрузки по своей длине – коэффициенты трения непостоянны.

Наличие в древесностружечной плите твердых частиц законденсированного связующего (как правило, 8 – 12% карбамидоформальдегидной смолы) оказывает значительное влияние на процесс резания – возможна реализация механизмов контактной усталости. Низкая влажность древесной основы плиты, наличие законденсированного полимера в условиях высокой цикличности процесса резания могут приводить к электроэрозионному износу резцов.

Указанные особенности процесса резания древесностружечных плит значительны и уникальны – не могут быть всецело воссозданы на испытательных машинах для исследования триботехнических характеристик по стандартным методикам (например, по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел на трибометре).

Таким образом, коэффициент трения следует устанавливать по результатам экспериментальных исследований в условиях реального процесса резания. Такие данные отсутствовали.

Цель работы – в реальных условиях фрезерования в широких диапазонах параметров режима резания установить коэффициенты трения, характеризующие процесс обработки древесностружечных плит (ДСтП) инструментом, оснащенным ножами из вольфрамокобальтового твердого сплава с вакуумно-плазменными покрытиями.

Основная часть. При трении в процессе резания последовательно протекают два процесса: предварительное смещение контактирующих поверхностей и их скольжение. При фрезеровании периодическое смещение проявляется при образовании каждого из элементов стружки, таким образом, целесообразно определять среднее значение коэффициента трения за периоды покоя и скольжения.

В ряде случаев целесообразно определять значение коэффициента трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней части режущей кромки.

Касательную силу по задней грани лезвия F_z можно рассматривать как силу трения, поскольку упругопластическое деформирование поверхности резания задней гранью мало. Тогда: $F_z = f F_{zl}$, где f – коэффициент трения по задней поверхности лезвия; F_{zl} – усилие заглабления лезвия в поверхность резания [2].

Разработанная на кафедре материаловедения и технологии металлов БГТУ методика определения коэффициента трения f задней поверхности лезвия и примыкающей к ней части режущей кромки при фрезеровании ДСтП основывается на синхронном динамометрировании касательной и нормальной сил резания по задней поверхности лезвия в процессе фрезерования с нулевой высотой снимаемого припуска.

Отличительной особенностью данной методики является использование для исследований коэффициентов трения разработанной экспериментальной установки на основе современного деревообрабатывающего центра с числовым программным управлением (ЧПУ) и оснащенного двумя рабочими столами.

На первом рабочем столе реализуют процесс фрезерования заготовок древесностружечной плиты типичной для производства длины на промышленных режимах, что позволяет воссоздавать температурный и др. режим процесса реальной эксплуатации инструмента. В непосредственном продолжении заготовок первого стола – на втором столе размещают универсальный динамометр с образцом обрабатываемой плиты. Применение современной тензометрической системы и математических методов фильтрации позволяет с высокой точностью устанавливать действующие силы, которые используются для определения коэффициентов трения.

Экспериментальная установка создана на базе современного деревообрабатывающего центра с ЧПУ ROVER B 4.35 (рис. 1).

Схема крепления заготовок на рабочих столах станка при проведении экспериментов представлена на рис. 2.

Заготовка ДСтП на первом рабочем столе станка 1 (рис. 2, а) устанавливается встык с заготовкой для динамометрирования 2 (рис. 2, б). Динамометр УДМ – 1200 с зафиксированной заготовкой 2 жестко закреплен на втором столе станка.



Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – ПК типа notebook; 2 – операционный блок обрабатывающего центра с ЧПУ ROVER B 4.35; 3 – УДМ-1200; 4 – вторичный преобразователь SONY; 5 – первый рабочий стол; 6 – второй рабочий стол

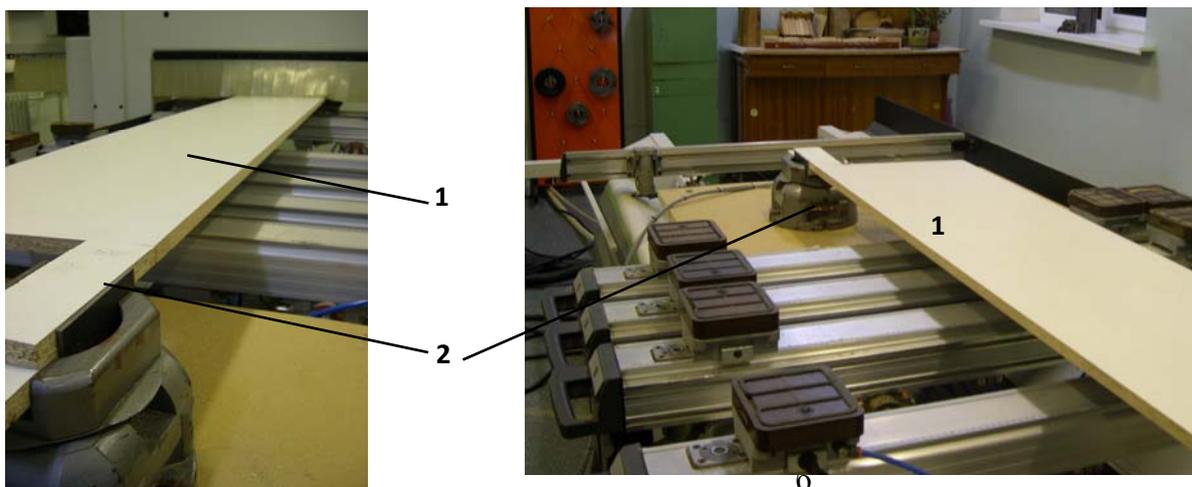


Рис. 2. Схема крепления заготовок на рабочих столах станка при проведении экспериментов:

1 – заготовка ДСтП на первом рабочем столе;
2 – заготовка ДСтП для динамометрирования

Регистрирующий прибор – тензометрическая измерительная система EX – UT10 с i.Link интерфейсом (фирма SONY, Япония), опрашивает тензодатчики УДМ и позволяет определять усилия по трем взаимно перпендикулярным направлениям (ось X (направлена по ходу подачи), ось Y и ось Z), возникающие в зоне резания, а также величину момента в горизонтальной плоскости XY [3] (рис. 3).

Поскольку регистрирующий прибор выдает оцифрованные данные, то рационально использовать цифровые способы фильтрации сигналов [4]. Для обработки сигнала от измерительной системы применена фильтрация методом усреднения накопленных значений с накоплением 128 сэмплов с использованием цифрового запоминающего осциллографа TEKTRONIX TDS 2024B (США).

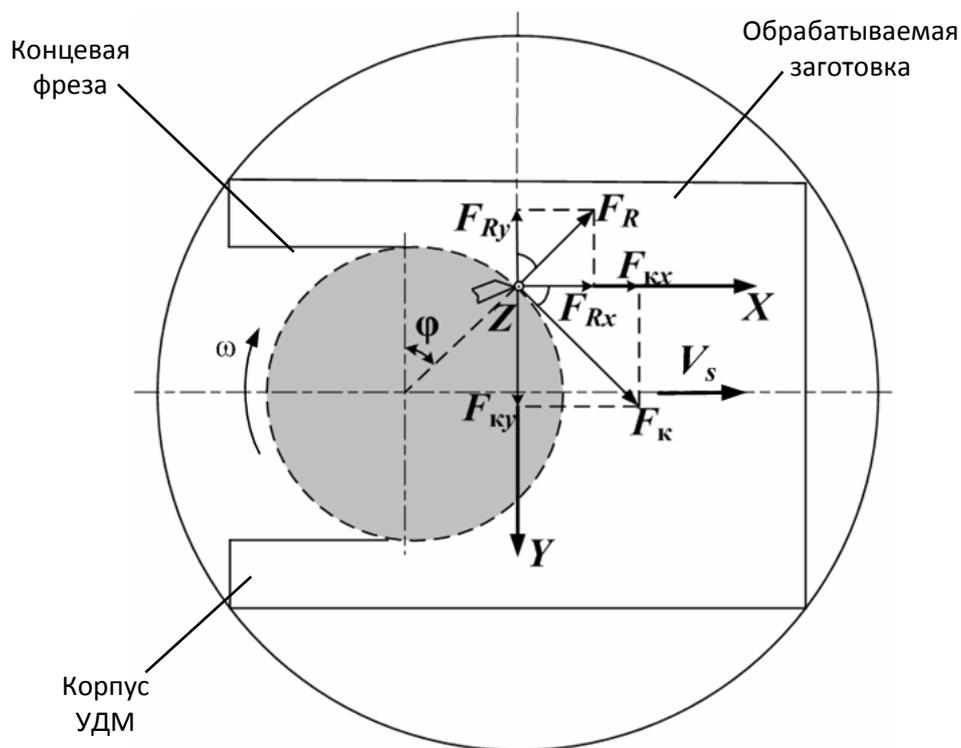


Рис. 3. Схема усилий, воспринимаемых тензодатчиками в процессе резания

Условия проведения экспериментов. Режущие элементы, используемые в качестве основы для нанесения покрытия, – неперетачиваемые пластины вольфрамкобальтового твердого сплава SMG 02. После каждого эксперимента фреза с резцом смещалась (менялся нож) – обработка велась острой областью режущего элемента.

Обрабатываемый материал – древесностружечная плита с отделкой с двух сторон ламинатом (EN 14322) производства компании Pfleiderer Grajewo S.A. (Польша). Толщина плиты – 18 мм. Средняя плотность – 650 кг/м^3 – контролировалась определением средней массы по результатам замеров для 5 кубиков $18 \times 18 \times 18 \text{ мм}$, вырезанных с различных участков плиты. Размеры заготовки для динамометрирования – $68 \times 300 \times 18 \text{ мм}$. Размеры заготовки для предварительной обработки – $2700 \times 500 \times 18 \text{ мм}$. Тип применяемого инструмента – однозубая хвостовая фреза. Диаметр окружности резания хвостовой фрезы – 21 мм.

Перед динамометрированием выполнялось фрезерование закрепленных встык заготовок на первом и втором столах станка со снятием припуска 3 мм для устранения погрешностей установки заготовок. Следующий проход выполнялся по прежней траектории при отсутствии снятия припуска. Регистрировались силовые параметры взаимодействия лезвия с обрабатываемой поверхностью. Данные подвергались математиче-

ской фильтрации с применением цифрового запоминающего осциллографа, после чего рассчитывались коэффициенты трения.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Методическая сетка опытов

№ опыта	Частота вращения фрезы n , мин	Скорость подачи, V_s , м/мин	f	№ опыта	Частота вращения фрезы n , мин	Скорость подачи, V_s , м/мин	f
Резец без покрытия							
Влияние частоты вращения				Влияние скорости подачи			
1	10 000	6	0,6	6	14000	2	1,6
2	12 000		0,7	7		4	1,0
3	14 000		0,9	8		6	0,9
4	16 000		1,3	9		8	1,7
5	18 000		1,6	10		10	1,8
Резец с покрытием							
Влияние частоты вращения				Влияние скорости подачи			
11	10 000	6	0,5	16	14000	2	1,3
12	12 000		0,5	17		4	0,6
13	14 000		0,6	18		6	0,6
14	16 000		1,0	19		8	1,4
15	18 000		1,3	20		10	1,6

На рис. 4 (а, б) представлены графические зависимости коэффициента трения соответственно от частоты вращения хвостовой фрезы и скорости подачи.

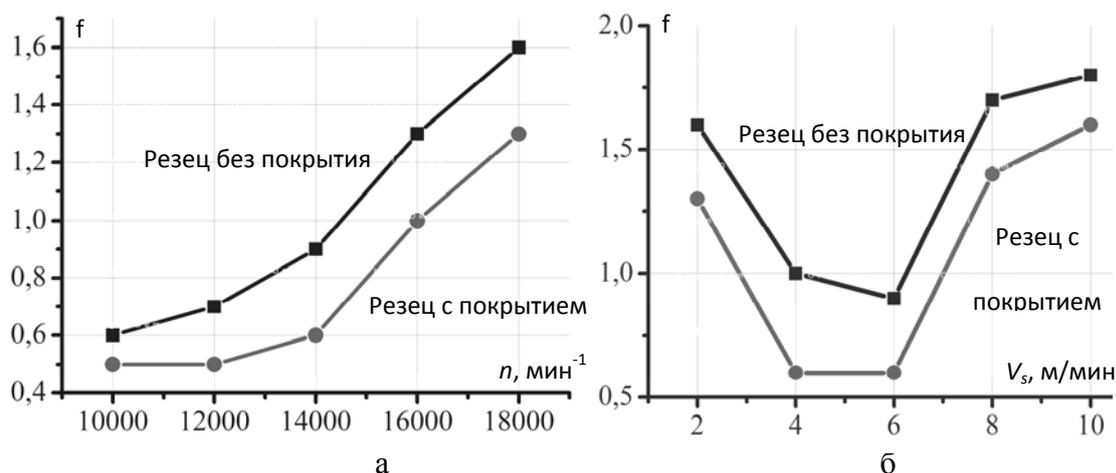


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения f от частоты вращения хвостовой фрезы n (а) и скорости подачи V_s (б)

Заключение. В реальных условиях фрезерования в широких диапазонах параметров режима резания установлены коэффициенты трения, характеризующие процесс обработки древесностружечных плит инструментом, оснащенный ножами из вольфра-

мокобальтового твердого сплава с вакуумно-плазменными покрытиями. Анализ графических зависимостей на рис. 3 (а, б) позволяет сделать вывод о рациональности применения режима резания – скорость подачи 2 – 6 м/мин, частота вращения фрезы – 10 000 – 12 000 мин⁻¹.

Разработанная методика триботехнических испытаний инструмента при фрезеровании ДСтП представляет большое значение для установления закономерностей образования стружки, движения частиц стружки и пыли в зоне резания древесины и древесных материалов при фрезеровании в широких диапазонах параметров режима резания, разработки методики и устройства энергосберегающего эффективного улавливания стружки и пыли.

Библиографический список

1. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов. М.: МГУЛ, 2002. 310 с.
2. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 304 с.
3. Рудак, П. В. Силовые показатели процесса обработки плитных древесных материалов концевым фрезерным инструментом // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и д-о. пром-сть, 2009. Вып. XVII.
4. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002. 608 с.

В.И. Сулинов, П.В. Шевелев
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (DESIGN OF A SPECIAL MODULAR MILL FOR PROFILE SURFACES PROCESSING)

Приведена конструкция и методика расчета геометрических параметров специальной сборной фрезы для обработки цилиндрических деталей.

The design and geometrical parameters calculation method of a special modular mill for cylindrical details processing is given.

Как известно, специальным называют режущий инструмент определенного вида, предназначенный для конкретных условий его эксплуатации. В данном случае речь идет о профильных фрезах, которые в процессе продольного фрезерования формируют на обрабатываемой заготовке цилиндрическую поверхность. Максимальный периметр профиля цилиндрической поверхности, который формируется одной фрезой, ограничивается половиной длины окружности. Для того, чтобы получить деталь полной цилиндрической формы, необходимо повторить обработку заготовки с противоположной стороны или использовать в кинематике станка еще одну фрезу. В том и другом случае в форме сечения могут иметь место недопустимые отклонения, объясняемые неблагоприятными условиями базирования заготовки квадратного сечения. Вместе с тем качество обработанной поверхности и производительность обработки в процессе формиро-