

Таким образом, результаты электрохимических испытаний на коррозионную стойкость путем хронопотенциометрирования и снятия поляризационных кривых для образцов пластин из стали 10X18H10T с вакуумно-плазменными покрытиями системы TiZrN позволяют сделать вывод о наибольшей коррозионной стойкости (в $\approx 1,5$ –2 раза по сравнению с наименее стойким покрытием из исследованных) покрытия ТЦЗ ($C_{Ti} = 55,46$ ат. %, $C_{Zr} = 13,36$ ат. %).

Библиографический список

1. Моисеев, А.В. Износостойкость дереворежущего инструмента / А.В. Моисеев. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 112 с.
2. Рудак, П.В. Снижение шумовых характеристик и повышение эффективности удаления стружки из зоны резания при эксплуатации дереворежущих машин / П.В. Рудак, Д.В. Куис // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2011. – Вып. XIX. – С. 245–247.
3. Аспирационное устройство для фрезерных групп деревообрабатывающих станков с числовым программным управлением / П.В. Рудак, П. Бир, А. Балтрушайтис, О.Г. Рудак, Е.Ю. Разумов, Е.А. Зборин // Лесная и деревообработ. пром-сть: труды БГТУ. – 2015. – №2. – С. 238–241.

УДК 675.815

П.В. Рудак, О.Г. Рудак, Д.В. Куис
(P.V. Rudak, O.G. Rudak, D.V. Kuis)
(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: puma.legno@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ СТРУЖКИ

INFLUENCE OF PARTICLE BOARDS MILLING MODE ON CHIP FRACTIONAL STRUCTURE

Для исследованных режимов фрезерования ДСтП установлены величины математических ожиданий, дисперсий и среднеквадратических отклонений, характеризующие распределение размеров образующихся частиц стружки по фракциям.

For the studied modes of milling of DSTP sizes of population means, dispersions and the mean square deviations, characterizing distribution of the sizes of being formed particles of shaving on fractions are established.

На эффективность работы системы аспирации при фрезеровании древесины и древесных материалов большое влияние оказывает фракционный состав улавливаемых стружки и пыли. С размерами древесных частиц связаны силы сопротивления их движению со стороны воздушной среды. Частицы стружки больших размеров в момент выхода из зоны резания обладают высокой кинетической энергией, их скорость падает медленно, что затрудняет улавливание [1].

Процесс фрезерования характеризуется различной толщиной стружки в зависимости от режима резания, направления подачи (встречной или попутной) и, как правило,

описывается величиной средней толщины стружки – толщиной стружки на середине дуги контакта лезвия с обрабатываемым материалом.

Непостоянство толщины стружки по своей длине, включение в состав древесно-стружечных плит (ДСтП) древесных частиц различного фракционного состава в процессе изготовления, возможность появления трещин по мере движения лезвия в обрабатываемом материале, появление вырывов частиц плиты в результате разрушений клеевых связей, эффект доизмельчения стружки, уже отделенной от заготовки, но повторно взаимодействующей с лезвием, и иные особенности процесса обработки плитных древесных материалов фрезерным инструментом приводят к тому, что толщина стружки, образующейся при некотором режиме фрезерования, может отличаться от средней величины, полученной расчетом.

В результате измельчения изменяются некоторые свойства вещества и приобретаются новые. Дисперсность в значительной мере определяет свойства стружки и пыли поглощать смазочные материалы, например, с направляющих станка. Это вызвано в основном тем, что при диспергировании вещества многократно увеличивается его суммарная площадь поверхности.

Кроме физических и химических свойств, дисперсный состав в значительной мере определяет характер и условия распространения и осаждения древесных частиц в воздушной среде.

Цель исследования, результаты которого представлены в данной работе, – установить закономерности фракционного состава стружки, образующейся в процессе фрезерования ДСтП при различных режимах резания.

Задачи исследования:

- разработать методику экспериментальных исследований процесса фрезерования ДСтП с целью анализа фракционного состава стружки в зависимости от режимов фрезерования;

- в соответствии с разработанной методикой, по результатам экспериментальных исследований для широкого диапазона подач на зуб (0,1–1 мм) для неполного (встречного и попутного) и полного фрезерования получить данные о фракционных составах образующейся стружки;

- на основе полученных данных выполнить построение кривых распределения частиц стружки по фракциям.

Методика проведения экспериментальных исследований

На сегодняшний день применяют следующие основные методы определения дисперсного состава стружки и пыли: ситовый анализ – разделение частиц на фракции путем последовательного просеивания навески стружки и пыли через лабораторные сита с отверстиями различных размеров; седиментометрия – разделение навески на фракции путем ее осаждения в жидкой или газообразной среде; микроскопический анализ – рассмотрение частиц с помощью оптического или электронного микроскопа, определение формы частиц, их размера и количества по фракциям; центробежная сепарация – разделение частиц на фракции с помощью центробежной силы. Наибольшее распространение получил ситовый анализ с просевом ручным или механическим способами [2].

Механический просев обеспечивает более высокую сопоставимость результатов просева в связи с единообразием режима воздействия на навеску.

Наиболее распространен механический просев навески, загруженной в верхнее сито колонны комплекта сит с различным размером ячеек. Но в этом случае при просеве на тонких ситах условия рассева затрудняются вследствие отсутствия в пробе грубых частиц.

При проведении анализа фракционного состава стружки авторами работы применялся сухой механический просев навески последовательно в ситах с различными размерами ячеек.

На деревообрабатывающем центре ROVER B 4.35 (BIESSE, Италия) с числовым программным управлением (ЧПУ) выполнялось фрезерование ДСтП фрезами на различных режимах резания.

Обрабатываемый материал – ДСтП производства EGGER Eurospan (Румыния) с отделкой с двух сторон ламинатом. Толщина плиты – 18 мм. Средняя плотность – 670 кг/м³ – контролировалась определением средней массы по результатам замеров для 5 кубиков 18×18×18 мм, вырезанных с различных участков плиты. Процент связующего – 10 %. Длина заготовки в эксперименте – 2800 мм.

После обработки материала выполнялся отбор представительной пробы стружки. Поскольку объем первичной пробы оказывался больше, чем необходимо для анализа, проба подвергалась перемешиванию и сокращению.

Предварительное перемешивание производилось по способу «конус». Для этого применялась воронка, установленная на штативе, через которую на плоскую поверхность насыпалась первоначальная проба частиц. После этого воронка переставлялась на другую плоскую поверхность, и процесс повторялся. Данная операция проводилась не менее 3–4-х раз.

Сокращение перемешанной пробы осуществлялось методом квартования при помощи крестовины (рис. 1).

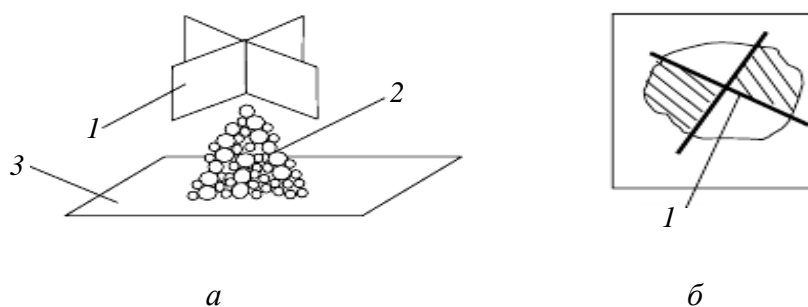


Рис. 1. Сокращение пробы методом квартования (а) и отбор пробы в одной паре противоположных секторов (б); 1 – крестовина; 2 – проба частиц; 3 – плоская поверхность

Часть пробы в одной паре противоположных секторов отбиралась (рис. 1б), другая снова перемешивалась и квартовалась до тех пор, пока не получался необходимый для анализа объем частиц.

Далее анализируемая проба помещалась на наиболее тонкое сито, а полученный остаток перекаладывался на следующее по крупности ячеек сито. Такая последовательность проведения анализа благоприятна с точки зрения того, что грубое зерно способствует просеву пробы на более тонких ситах.

На рисунке 2 представлены фотографии некоторых применяемых сит (а), устройство для механического просева (б), а также применяемые весы (Adventurer ARC 120, OHAUS) (в).

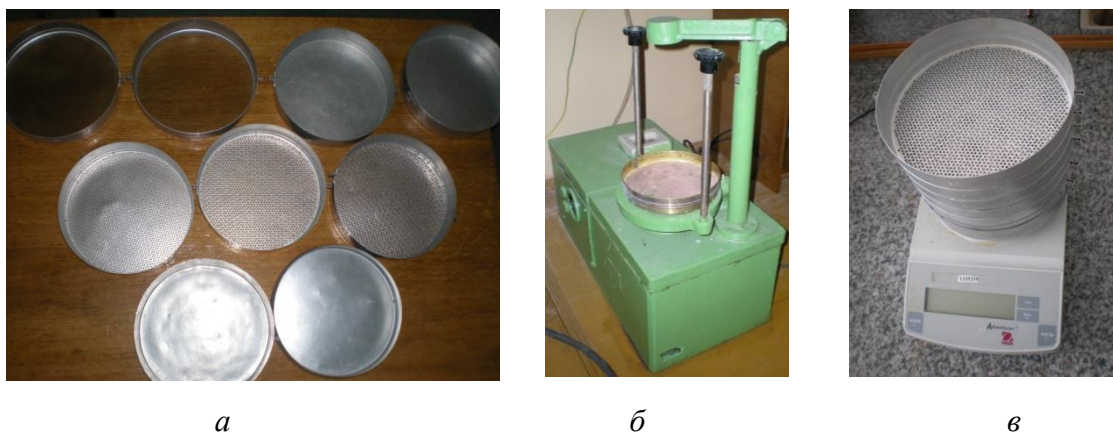


Рис. 2. Фотографии некоторых применяемых сит (а), устройство для механического просева (б) и применяемые весы (в)

Применяли поддон с крышкой и сита восьми размеров ячеек. Соответствие размеров ячеек номерам сит: 1 – поддон; 0,063–2 мм; 0,125–3 мм; 0,25–4 мм; 0,5–5 мм; 1–6 мм; 2–7 мм; 4–8 мм; 8–9 мм. В процессе исследований анализировались пробы стружки объемом по 100 см³. Массу определяли с точностью 0,01 г.

Рассев считали законченным, когда через сито при повторном расसेве в течение 3-х минут проходило не более 1 % частиц, находящихся на данном сите. После окончания просева каждую фракцию с соответствующего сита и поддона взвешивали. Контролировали, чтобы суммарная масса всех фракций не отклонялась от массы исходной навески более чем на 1 %.

После окончания просева проход из поддона взвешивали, а остаток помещали на следующее сито в порядке увеличения размера ячеек и продолжали просев.

При обработке полученных результатов суммарную массу всех фракций принимали за 100 %. Процентное содержание частиц в каждой фракции определяли из соотношения:

$$\Delta m_{\%} = \frac{\Delta m_i}{\sum m_i} 100\% ,$$

где Δm_i – масса частиц на i -м сите, г;

$\sum m_i$ – суммарная масса всех фракций, г.

За окончательный результат принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Контролировалось, чтобы расхождение между результатами двух параллельных определений массы соответствующих фракций не превышало 1 % от массы всей навески.

Если расхождение между результатами параллельных определений превышало приведенную величину, определение повторяли.

Исследовался диапазон подач на зуб от 0,1 до 1 мм с шагом 0,1 мм, что для частоты вращения фрезы $n = 16\ 000\ \text{мин}^{-1}$ соответствует интервалу скоростей подач 3,2–16 м/мин.

Исследования проводили для неполного (встречного, попутного) и полного фрезерования. На основе полученных данных выполнено построение кривых распределения частиц стружки по фракциям.

На рисунке 3 представлены кривые распределения размеров частиц стружки, полученной при различных режимах встречного фрезерования ДСтП однолезвийной прямозубой хвостовой фрезой $\varnothing 21$ мм при толщине снимаемого слоя 5 мм, частоте вращения фрезы $16\ 000\ \text{мин}^{-1}$.

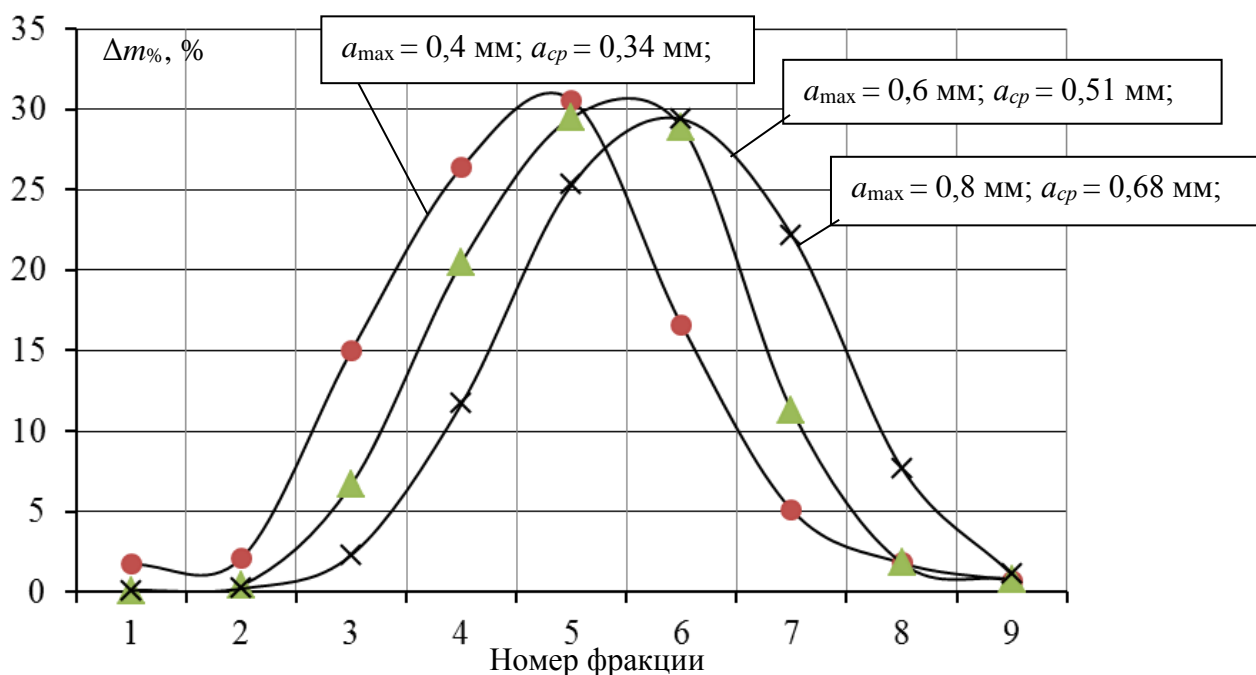


Рис. 3. Кривые распределения размеров частиц стружки, полученной при различных режимах встречного фрезерования ДСтП однолезвийной прямозубой хвостовой фрезой $\varnothing 21$ мм, при толщине снимаемого слоя 5 мм, частоте вращения фрезы $16\ 000\ \text{мин}^{-1}$

Указаны наибольшие толщины стружки a_{\max} и соответствующие средние толщины стружек a_{cp} . Кривые распределения дают наглядное представление о дисперсном составе стружки.

Установлено, что при фрезеровании ДСтП в исследованном диапазоне параметров режима резания распределение размеров частиц стружки описывается кривыми, близкими к кривым нормального закона распределения. С ростом величины средней толщины стружки кривые распределения смещаются в сторону большей толщины стружки.

На рисунках 4 и 5 представлены кривые распределения размеров частиц стружки, полученной соответственно при встречном и попутном фрезеровании ДСтП однолезвийной прямозубой хвостовой фрезой $\varnothing 21$ мм, при толщине снимаемого слоя 5 мм, частоте вращения фрезы $16\ 000\ \text{мин}^{-1}$, подаче на зуб 0,1 мм (средней толщине стружки 0,085 мм). Показаны и соответствующие кривые нормального закона распределения.

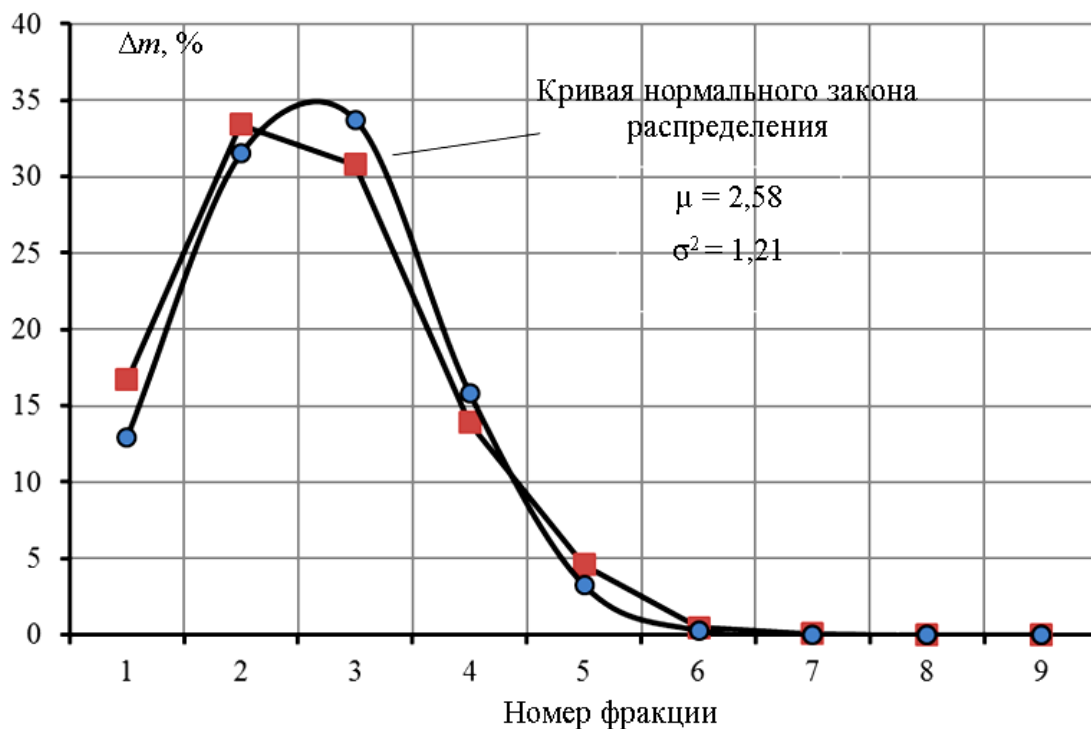


Рис. 4. Кривая распределения размеров частиц стружки, полученной при встречном фрезеровании ДСтП однолезвийной прямозубой хвостовой фрезой $\varnothing 21$ мм, при толщине снимаемого слоя 5 мм, частоте вращения фрезы 16000 мин⁻¹, подаче на зуб 0,1 мм и соответствующей кривой нормального закона распределения

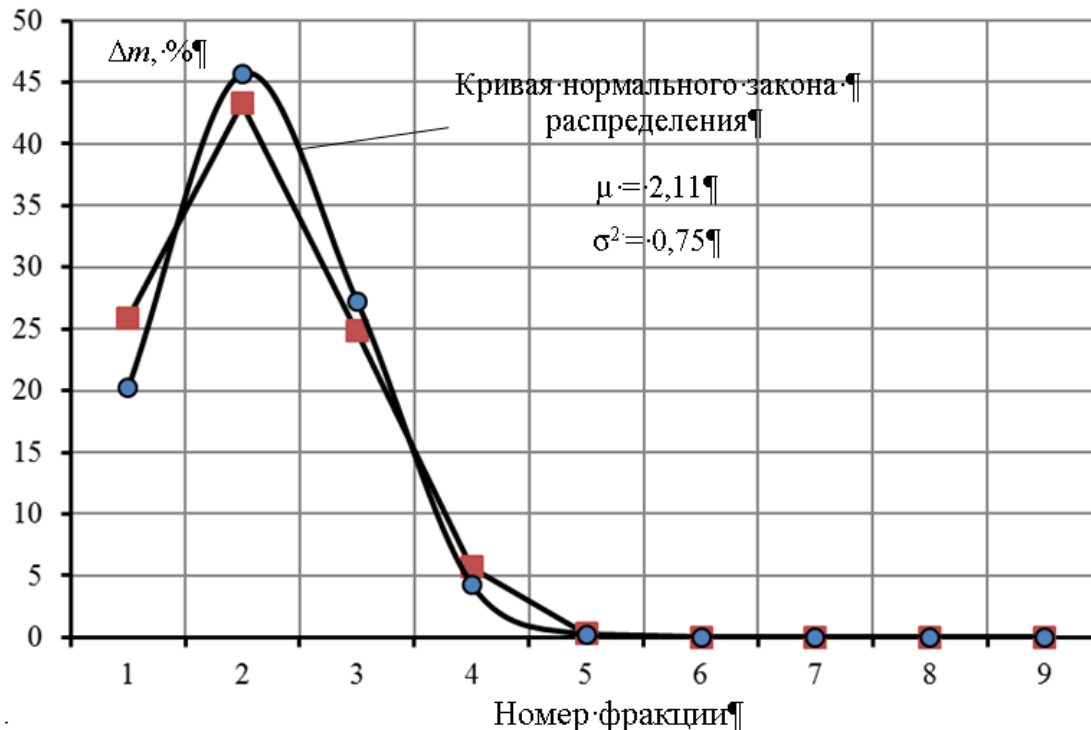


Рис. 5. Кривая распределения размеров частиц стружки, полученной при встречном фрезеровании ДСтП однолезвийной прямозубой хвостовой фрезой $\varnothing 21$ мм, при толщине снимаемого слоя 5 мм, частоте вращения фрезы 16 000 мин⁻¹, подаче на зуб 0,1 мм и соответствующей кривой нормального закона распределения

На графиках указаны значения математических ожиданий μ и дисперсий σ^2 . Как видно, процесс фрезерования с подачей на зуб 0,1 мм характеризуется образованием повышенного количества частиц мелких фракций. Это может быть объяснено тем, что при таком режиме резания велика роль смятия обрабатываемого материала лезвием на дуге контакта.

Процесс резания начинается только после создания перед режущей кромкой необходимых напряжений, развитие которых связано со значительными деформациями обрабатываемой поверхности. При малой средней толщине стружки наряду с резанием увеличивается вклад в формирование новой поверхности процессов смятия и разрушения материала ДСтП по дуге контакта с лезвием.

Распределение размера стружки, полученной при попутном фрезеровании на рассматриваемом режиме, характеризуется меньшей величиной математического ожидания ($\mu = 2,11$, т. е. 0,07 мм) по сравнению с распределением размера стружки, полученной при встречном фрезеровании ($\mu = 2,58$, т. е. 0,1 мм).

Распределение размеров частиц стружки, полученной при встречном фрезеровании на рассматриваемом режиме резания, характеризуется большей дисперсией по сравнению с распределением размеров частиц стружки, полученной в результате попутного фрезерования.

Выводы

Разработана методика экспериментальных исследований процесса фрезерования ДСтП с целью анализа фракционного состава стружки в зависимости от режимов фрезерования.

В соответствии с методикой, по результатам экспериментальных исследований для широкого диапазона подач на зуб (0,1–1 мм), для неполного (встречного и попутного) и полного фрезерования получены данные о фракционных составах образующейся стружки.

На основе полученных данных выполнено построение кривых распределения частиц стружки по фракциям. Установлено, что формы кривых распределения частиц стружки по фракциям в исследованном диапазоне параметров режима резания могут быть описаны кривыми нормального закона распределения.

Для исследованных режимов фрезерования ДСтП установлены величины математических ожиданий, дисперсий и среднеквадратических отклонений, характеризующие распределение размеров образующихся частиц стружки по фракциям.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Т12М-098).

Библиографический список

1. Рудак, П.В. Эффективное удаление стружки и пыли из области обработки в процессе фрезерования древесных материалов / П.В. Рудак, Д.В. Куис // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: мат-лы Междунар. науч.-техн. конф, 24-26 нояб.: в 2 ч. – Минск: Белорус. гос. технол. ун-т, 2010. – С. 121–124.
2. Коузов, П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.