

время на производство пеллет. Это достигается за счет сокращения производственного процесса, поскольку нет необходимости предварительной сушки сырья. Солома и перечисленные виды отходов имеют оптимальную влажность и без сушки готовы для прессования. Таким образом, технологическая схема может быть значительно упрощена и скомпонована их набора оборудования, представленного на рис. 2, где дополнительно использован наклонный скребковый конвейер (позиция А).

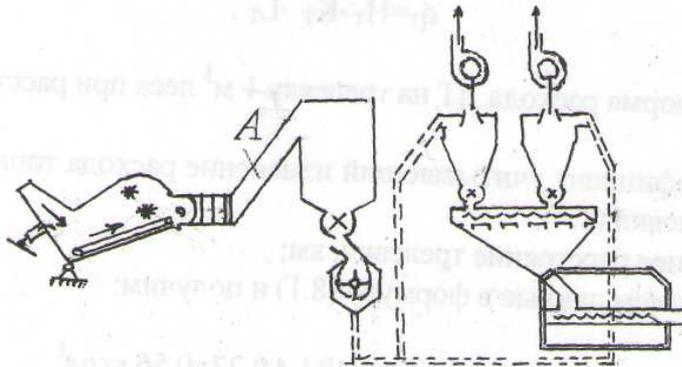


Рис. 2. Технологическая схема процесса производства топливных гранул из отходов влажностью до 12 %

В качестве универсальной технологической схемы, позволяющей производить топливные пеллеты как из сырья, требующего предварительной сушки, так и из сырья, влажность которого находится в пределах 12–14 %, предлагается комбинированная технологическая схема, включающая набор оборудования, представленного на рис. 1 и 2.

**О.И. Костюк, А.П. Фридрих**  
БГТУ, Минск, РБ

## ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ШЛИФОВАНИЯ (TECHNOLOGY MECHNICAL MACHINING AT GRINDING WOOD)

*В работе изложены результаты промышленных экспериментов по внедрению нового способа заготовки сортиментов с целью сохранения продуктивности лесной среды и синхронизации работы лесных комплексов по производительности. Приведены технологические схемы заготовки сортиментов, используя систему харвестер и форвардер. Дано обоснование повреждения хвойного подростка на лесосеке при обрезке сучьев и раскряжевке. Выявлено снижение цикловой производительности харвестера и обеспечение повышения загрузки системы машин.*

*The article is dedicated to particularity of the processing wood and slabby material by method grinding. It is described theoretical base grinding wood and polishing instrument different scientist in this direction. In article are considered main schemes grinding wood. To he pertain grinding with flat zone of the contact, with band wheel by part (cylindrical), with free tape, with pressed (narrow and broad ironing). In work is described nature of the construction of the polishing instrument, material abrasive, ways bulding of abrasive grain.*

**Введение.** Важнейшими задачами деревообрабатывающей промышленности являются:

1. Экономия электроэнергии, применение рациональных энергосберегающих режимов резания.
2. Повышение производительности, качества и точности обрабатываемой продукции.
3. Рациональное использование древесины и древесных плитных материалов.

В настоящее время в мировой практике мебельного, столярно-строительного и других производств широко используется большое количество разнообразных станков и линий на основе комбинации способов фрезерования и шлифования. Основное внимание уделяется конструктивному совершенствованию моделей станков, построению рациональных технологических потоков на их базе с учетом режимов их эксплуатации. Деревообрабатывающая промышленность с каждым годом увеличивает выпуск изделий из древесных плитных материалов.

**Основная часть.** Шлифованием называется процесс абразивной обработки с преобладанием резания поверхности детали с целью ее выравнивания до плоского состояния, придания ей высокой гладкости и калибрования щитовых деталей. Различают ленточное, цилиндрическое и дисковое шлифование с целью ее выравнивания до плоского состояния, придания ей высокой гладкости и калибрования щитовых деталей. Различают ленточное, цилиндрическое и дисковое шлифования.

Шлифовальную шкурку можно рассматривать как многолезвийный инструмент с большим числом режущих элементов – абразивных зерен с режущими кромками. Зерна из электрокорунда, карбида кремния или других абразивных материалов посредством связки из животного клея, карбамидной или фенольной смолы связаны друг с другом и с основой из бумаги, ткани, фибры или комбинации этих материалов.

Номер зернистости характеризует крупность зерен основной фракции (части) зернового состава: для шлифзерна и шлифпорошков он соответствует размеру (в сотых долях миллиметра) стороны ячейки сита, на котором задерживаются зерна основной фракции; для микропорошков и тонких микропорошков он равен наибольшему линейному размеру (в микрометрах) зерна в поперечнике.

Основные параметры режима шлифования для шкурки выбранной зернистости: давление на шлифуемой поверхности, направление шлифования относительно волокон древесины, скорость резания, скорость подачи, длина контакта с древесиной.

Каждое абразивное зерно воздействует на древесину с элементарной касательной силой и нормальной [формула (1)]. Сумма этих элементарных сил составляет общую касательную силу  $F_{xi}$  и нормальную  $F_{zi}$  (рис. 1).

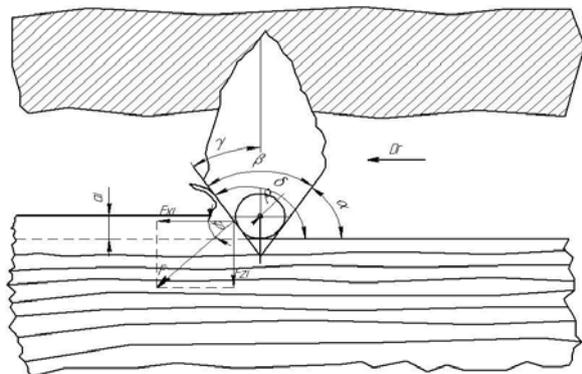


Рис. 1. Схема резания абразивным зерном

В виду того что процесс шлифования не имеет стабильных условий резания, касательную силу  $F_x$  рассматривают как функциональную силу трения, н:

$$F_x = Cq_i A, \quad (1)$$

где  $A$  – площадь контакта:  $A = bl_k, \text{ м}^2$ ;

$l_k$  – длина контакта шлифовальной шкурки;

$b$  – ширина обрабатываемой заготовки;

$C$  – коэффициент сцепления абразивов с древесиной [1].

Давление  $q$  в зоне контакта шлифовального инструмента с обрабатываемым материалом влияет на количество активных режущих зерен и на производительность инструмента.

Увеличение давления мало влияет на среднюю толщину срезаемых стружек и на шероховатость шлифовальной поверхности. По опытным данным, повышение давления в 50 раз приводит к увеличению глубины неровностей всего на 5–14 %. Практика и специальные исследования показывают, что при чистовом шлифовании наилучшее качество поверхности достигается при шлифовании вдоль волокон (угол скоса  $\varphi_c = 0^\circ$ ). В чистовом шлифовании поверхности под высококачественную отделку допускается угол скоса не более  $15^\circ$ . При  $\varphi_c > 15^\circ$ , как, например, при обработке щитов, облицованных в елку или в ромб, требуется шлифование до получения поверхностей с микронеровностями высотой не более 6–8 мкм: только тогда следы от зерен будут незаметны. Черновое шлифование рамных столярно-строительных изделий с продольными и поперечными брусками рекомендуется при  $\varphi_c = 45^\circ$ . Встречается шлифование с углом скоса  $90^\circ$ , т.е. поперек волокон (обработка паркетных досок).

При ленточном шлифовании существует измеряемая по направлению оптимальная длина контакта шкурки с древесиной. Зерна шкурки могут срезать и уносить с поверхности изделия лишь то количество стружки, которое умещается в межзерновом пространстве. При чрезмерной длине контакта стружка постепенно заполняет все свободное пространство между зернами и оттесняет шкурку от изделия, из-за чего сьем древесины вначале сокращается, а затем прекращается. Оптимальная длина контакта не зависит от скорости шлифования, мало зависит от давления и породы древесины, но определяющим образом зависит от зернистости шкурки [2]. Соотношение стандартов зарубежных и отечественных шлифовальных материалов приведена в табл. 2.

Соотношение стандартов различных фирм-производителей шлифовальных материалов (зерно-оксид кремния черного)

Стандарт FEPA	ГОСТ 3647-1980	Размер зерна, мкм	Стандарт FEPA	ГОСТ 3647-1980	Размер зер- на, мкм
P12	№160	1815	P220	№6	68
P16	№125	1324	P240	№ 5 и 4	58,5
P20	№100	1000	P260	№ M63	52,2
P22	№80	800	P280	№ M50	46,2
P24	№63	764	P320	№ M40	40,5
P30	-	642	P360	№ M28	35,0
P36	№50	538	P400	№ M20	18,3
P40	№40	425	P500	№ M14	15,3
P50	№32	336	P600	№ M10	12,6
P60	№25	269	P800	№ M7	8,4
P80	№20	201	P1200	№ M5	-
P100	№16	162	P1500	№ M3	-
P120	№12	125	P2000	№ M2	-
P150	№10	100	P2500	№ M1	-
P180	№8	82	-	-	-

Для шлифования весьма сложно заранее предсказать геометрию шлифовальной поверхности, т.к. распределение абразивных зерен в инструменте случайно и закономерно.

В производственной практике ожидаемую глубину неровностей на шлифованной поверхности, мкм, определяют по эмпирической формуле (2), мкм:

$$R_{m \max} = (110 \pm 20)(d_i / \gamma_n), \quad (2)$$

где  $d_i$  – размер зерен основной фракции зернистости, мм;

$\gamma_n$  – плотность древесины, г/см<sup>3</sup>;

знак плюс – для острой шкурки, минус – для тупой.

Скорость резания при шлифовании древесины вычисляется согласно схемам процесса как окружная скорость на поверхности шкива, приводящего в движение ленту, цилиндра или диска. Проведенная глубина шлифования (толщина снимаемого слоя) за один проход представлена в формуле (3), мм:

$$t_i = \left(\frac{2}{3}\right)[R_{m \max(i-1)} - R_{m \max(i)}], \quad (3)$$

где  $R_{m \max(i)}$  – средняя величина максимальных неровностей после обработки, мкм;

$R_{m \max(i-1)}$  – то же до обработки, мкм.

Для сохранения высокой производительности процесса детали шлифуют за два-три прохода, уменьшая от прохода к проходу зернистость шкурки.

Чтобы рассчитать скорость подачи для заданных условий шлифования, необходимо знать удельную производительность инструмента (шкурки). Удельная производительность шкурки  $a_{ш}$  – это номинальный объем, см<sup>3</sup>, материала, удаляемого с 1 см<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности при перемещении инструмента вдоль поверхности на 1 см. Следовательно,  $a_{ш}$  имеет размерность см<sup>3</sup>/(см<sup>2</sup>см).

Удельную производительность шкурки  $a_{ш}$  определяют по эмпирической формуле 4:

$$a_{ш} = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{q}{\gamma_n} \sqrt{d_i a_m a_n a_{\rho n}}, \quad (4)$$

где  $q$  – давление, кПа;

$\gamma_n$  – плотность древесины, г/см<sup>3</sup>;

$d_i$  – размер зерен основной фракции данного номера зернистости, мм;

$a_m$  – поправочный множитель на вид материала абразива (электрокорунд – 1; кремень – 1,3);

$a_n$  – поправочный множитель, характеризующий способ нанесения абразивных зерен на основу (гравитационный – 1; электростатический – 1,25);  $a_{\rho n}$  – поправочный множитель, учитывающий остроту шкурки (острая – 1,4; средней остроты – 1; тупая – 0,7).

По известной  $a_{ш}$  скорость подачи определяется по формуле (5), м/мин:

$$g_s = 6 \cdot 10^4 a_{ш} g(l_k / t_i). \quad (5)$$

При шлифовании различают общие касательную  $F_x$ , нормальную  $F_z$  и осевую  $F_y$  (например, при осциляции инструмента) силы, получающихся от сложения соответствующих сил на всех режущих абразивных зернах. Осевая сила из-за ее малости обычно не учитывается.

В расчетных формулах касательную силу определяют аналогично силе трения из-за определяющей роли процесса трения и поскольку нормальная сила резания  $F_z$ , формула (6), практически задается режимом шлифования как суммарная сила нормального давления по площади контакта  $f_k$ . Таким образом, Н:

$$F_x = F_z f_u; F_z = 0,1 q f_k, \quad (6)$$

где  $f_u$  – коэффициент шлифования, величина безразмерная;

$q$  – давление по площади контакта, кПа;

$f_k = Bl_k$  – площадь контакта, см<sup>2</sup>.

В зависимости от того, какая часть ленты участвует в работе и от характера контакта между древесиной и шлифовальной лентой, узколенточные станки делят на группы [3].

На широколенточных станках для выравнивания и чистовой обработки с обрабатываемой поверхностью удаляют местные неровности (до 300 мм по поверхности и до 0,2–0,4 мм по высоте) и снижают ее шероховатость (рис. 2).

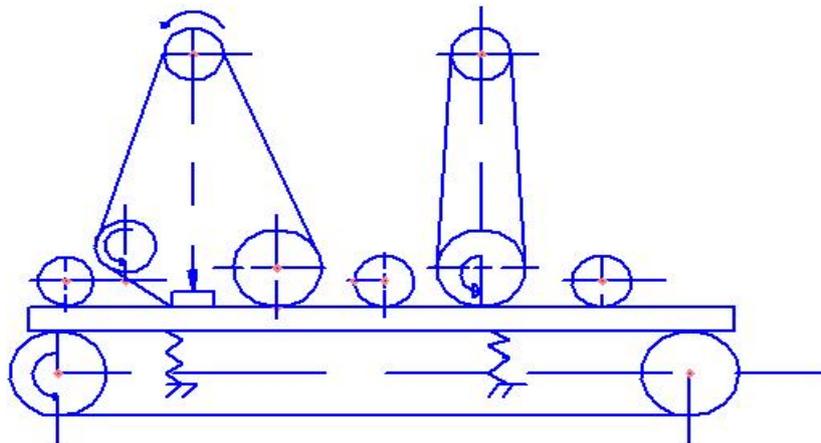


Рис. 2. Функциональная схема широколенточного шлифовального станка для выравнивания на чистовую обработку

Схемы узколенточных шлифовальных станков: а) с шкивной частью ленты; б) с неподвижным столом; в) с контактным прижимом широким утюжком; г) то же с узким утюжком представлены на рис. 3.

Станки со свободной лентой применяются для шлифования криволинейных деталей.

Станки с контактным прижимом делятся на две группы: с прижимом утюжком и шкивной частью.

Из числа первых можно выделить станки, в которых используется узкий утюжок размером меньше обрабатываемой детали, устанавливаемой на каретке, и станки, в которых длина утюжка больше детали, подаваемой на конвейере.

Абразивный материал может быть природного (гранат, наждак) или искусственного происхождения (карбит кремния, электрокорунд –оксид кремния), шлифовальная лента представлена на рис. 4.

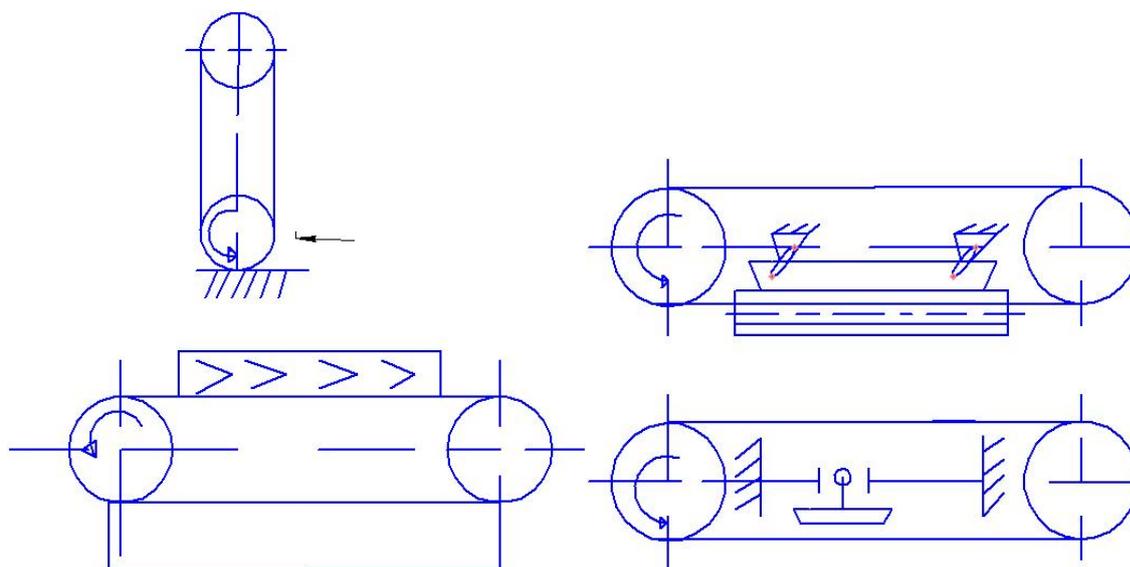


Рис. 3. Схемы узколенточных шлифовальных станков: с шкивной частью ленты; с неподвижным столом; с контактным прижимом широким утюжком; то же с узким утюжком

Насыпка абразивного материала на основу может осуществляться механически (поля гравитации) или по электростатическому полю (действие кулоновских сил). Различают 100 %-ю (плотную насыпку), 75 %-ю и 50 %-ю (редкую насыпку) [4].

Таким образом, шлифование необходимо производить в последовательных циклах, начиная с крупного абразивного зерна, при каждом цикле применять более мелкое абразивное зерно, что позволит добиться более качественной шлифовки.

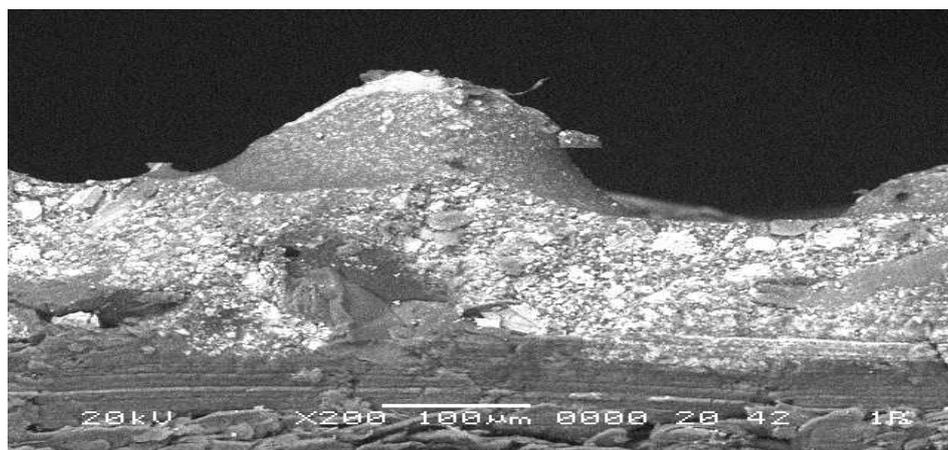


Рис. 4. Шлифовальная лента P80 при увеличении под микроскопом

Большие успехи в рассмотрении механической обработки древесины и древесных плитных материалов методом шлифования имели различные ученые как зарубежные, так и отечественные. Большую роль шлифованию древесины уделяли отечественные исследователи В.В. Амалицкий, Н.В. Маковский, В.И. Любченко, А.А. Пижурин и т.д.

**Заключение.** По результатам проведенного литературного обзора и изучения практического опыта можно сделать следующие выводы:

1. Существует целесообразность выполнения научно-исследовательских работ по изучению динамики процесса шлифования древесных материалов.

2. Есть необходимость в установлении физико-механических закономерностей расхода энергоносителя при выполнении процесса шлифования с получением установленного качества (шероховатости) обработанной поверхности и с учетом расхода абразивного инструмента и его производительности.

### *Библиографический список*

1. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, А.И. Цветкова. – Минск: Вышш. шк., 1975;
2. Амалицкий В.В. Оборудование отрасли: учебник / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.
4. Грубэ А.Э. Дереворежущие инструменты / А.Э. Грубэ. – М.: Лесн. пром-сть, 1971.

*Е.Е. Швамм, Л.Г. Швамм*  
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ  
*lschwamm@mail.ru*

## **К ВОПРОСУ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН (TO THE MANUFACTURING QUESTION OTSILINDROVANNYKH OF LOGS)**

*В статье изложены требования к точности изготовления деталей из оцилиндрованных бревен с учетом требований к исходному сырью и обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.*

*In article requirements to accuracy of manufacturing of details from otsilindrovannyykh of logs in the account of requirements to initial raw materials and maintenance of accuracy of geo-metric parameters in building are stated.*

Оцилиндрованные бревна — достаточно широко распространенный стеновой материал, используемый для строительства жилья — могут быть изготовлены как из массивной, так и из клееной древесины. В данном случае рассматриваются оцилиндрованные бревна, изготовленные из массивной древесины естественной влажности. Этот материал не нашел отражения в существующей системе государственных стандартов и др. нормативной документации. Опубликованные технические условия на оцилиндрованные бревна, как правило, не соответствуют требованиям ГОСТа 2.114-70 ни по со-