УДК 621.92

О. И. Костюк, аспирант (БГТУ);
А. П. Фридрих, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ШЛИФОВАНИЯ

Статья посвящена особенностям обработки древесины и древесных плитных материалов методом шлифования. Описана теоретическая основа шлифования древесины и шлифовального инструмента различными учеными в этом направлении. В статье рассмотрены основные схемы шлифования древесины. К ним относятся шлифование с плоской зоной контакта, со шкивной частью (цилиндрической), свободной лентой, прижимом (узким и широким утюжком). В работе описан характер строения шлифовального инструмента, материал абразива, способы насыпки абразивного зерна.

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 эксплуатации. Деревообрабатывающая промышленность с каждым годом увеличивает выпуск изделий и древесных плитных материалов.

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

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.

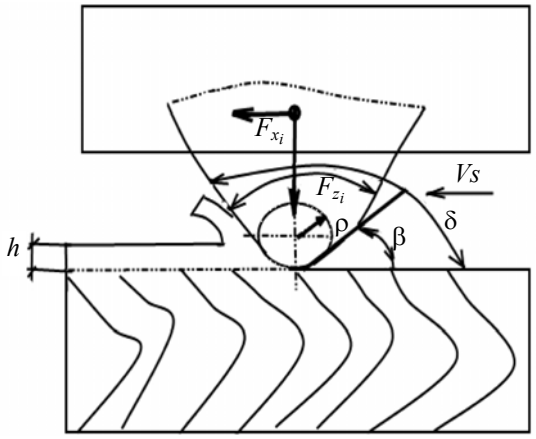

Рис. 1. Схема резания абразивным зерном

Каждое абразивное зерно воздействует на древесину с элементарной касательной и нормальной силой (формула (1)). Сумма этих элементарных

сил составляет общую касательную силу F_{x_i} и нормальную F_{z_i} (рис. 1).

Ввиду того, что процесс шлифования не имеет стабильных условий резания, касательную силу F_x рассматривают как функциональную силу трения:

$$F_x = C \cdot q_i \cdot A, \text{ Н}, \quad (1)$$

где A – площадь контакта: $A = bl_k$, 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 $\varphi_c = 0^o$). В чистовом шлифовании поверхности под высококачественную отделку допускается угол скоса не более 15º. При $\varphi_c > 15^o$, 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 $\varphi_c = 45^o$. Встречается шлифование с углом скоса 90º, 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 унести 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 съем 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 приведено в таблице.

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

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

$$R_{m_{\max}} = (110 \pm 20) \cdot (d_i / \rho), \quad (2)$$

где d_i – размер зерен основной фракции зернистости, мм; ρ – плотность древесины, г/см^3; знак «плюс» – для острой шкурки, «минус» – для тупой.

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 зерна, 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			

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):

$$t_i = (\frac{2}{3})\left[R_{m_{\max(i-1)}} - R_{m_{\max(i)}} \right], \text{ мм}, \qquad (3)$$

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 расчитать скорость подачи для заданных условий шлифования, необходимо знать удельную производительность инструмента (шкурки). Удельная производительность шкурки $a_ш$ – это номинальный объем, см³, материала, удаляемого с 1 см² обрабатываемой поверхности при перемещении инструмента вдоль поверхности на 1 см. Следовательно, $a_ш$ имеет размерность см³/(см²·см).

Удельную производительность шкурки $a_ш$ определяют по импирической формуле (4):

$$a_ш = 1{,}12 \cdot 10^{-6} \frac{q}{\rho} \sqrt{d_i} \cdot a_м a_н a_{\rho n}, \qquad (4)$$

где q – давление, кПа; ρ – плотность древесины, г/см³; d_i – размер зерен основной фракции данного номера зернистости, мм; $a_м$ – поправочный множитель на вид материала абразива (электрокорунд – 1; кремень – 1,3; $a_н$ – оправочный множитель, характеризующий способ нанесения абразивных зерен на основу (гравитационный (–1); электростатический – 1,25); $a_{\rho n}$ – оправочный множитель, учитывающий остроту шкурки (острая – 1,4; средней остроты – 1; тупая – 0,7).

По известной $a_ш$ скорость подачи определяется по формуле (5):

$$\vartheta_s = 6 \cdot 10^4 a_ш \vartheta(l_k / t_i), \text{ м/мин}. \qquad (5)$$

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

В рассчетных 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,

$$F_x = F_z f_ш; \; F_z = 0{,}1 q f_k, \text{ Н}, \qquad (6)$$

где $f_ш$ – коэффициент шлифования, величина безразмерная; q – давление по площади контакта, кПа; $f_к = Bl_k$ – площадь контакта, см².

В зависимости от части ленты, участвующей в работе, и характера контакта между древесиной и шлифовальной лентой узколенточные станки делят на группы [3].

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

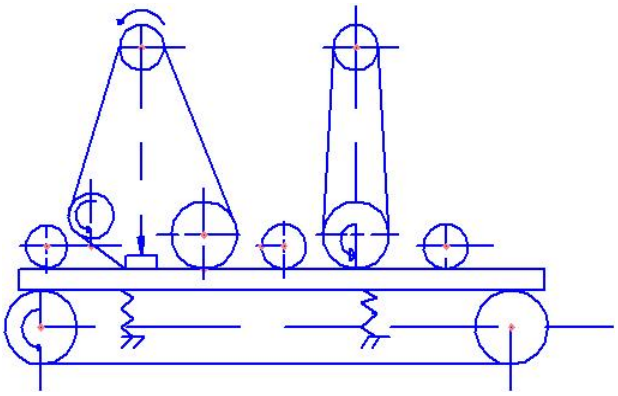

Рис. 2. Функциональная схема широколентного шлифовального станка

Схемы узколенточных шлиовальных станков: а) со шкивной частью ленты; б) неподвижным столом; в) контактным прижимом широким утюжком; г) то же с узким утюжком (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.

Насыпка абразивного материала на основу может осуществляться механическим (поля гравитации) или электростатическим полем (действие кулоновских сил). Различают 100%-ную (плотную насыпку), 75%-ную и 50%-ную (редкую насыпку) [4].

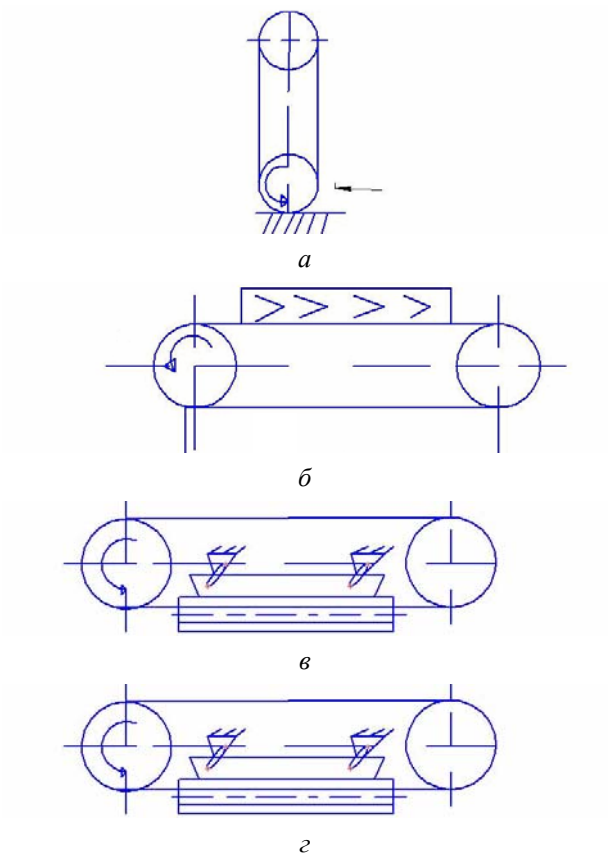

Рис. 3. Схемы узколенточных шлифовальных станков:
а – со шкивной частью ленты;
б – неподвижным столом; *в* – контактным прижимом широким утюжком; *г* – то же с узким утюжком

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

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, такие как В. В. Амалицкий, Н. В. Маковский, В. И Любченко, А. Б. Пижурин и т. д.

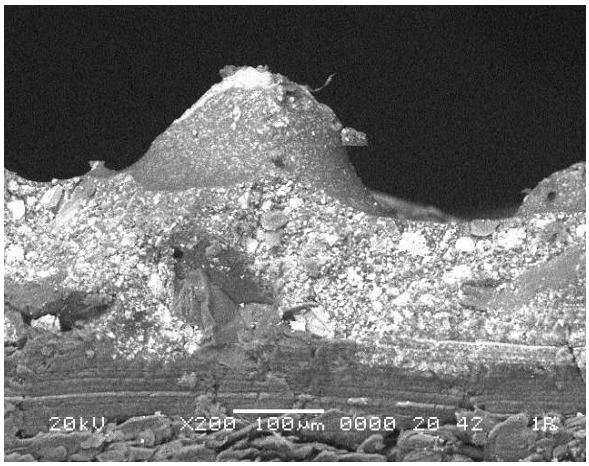

Рис. 4. Шлифовальная лента Р80 при увеличении под микроскопом

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.

Литература

1. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, А. И. Цветкова. – Минск: Минск: Выш. шк., 1975.

2. Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли: учебник / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006.

3. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко. – М.: Лесная пром-сть, 1986.

4. Грубэ, А. Э. Дереворежущие инструменты / А. Э. Грубэ. – М.: Лесная пром-сть, 1971.

Поступила 14.03.2012