

УДК 674.58.002(075)

А. В. Алифанов, доктор технических наук, профессор,
заведующий отделом (ФТИ НАН Беларуси);

Ю. К. Калугин, кандидат технических наук (БарГУ);

Н. В. Бурнос, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ФАНЕРНЫХ СОРТИМЕНТОВ И ЖЕСТКОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛУЩИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ШПОНА

Рассмотрены проблемы повышения точности базирования заготовок для лущильных станков (чураков), а также жесткости механических систем оборудования и их влияние на качество шпона. Предложено применить базирующее устройство координатного типа с числовым программным управлением (ЧПУ), разработанное в ФТИ НАН Беларуси, повышающее на 5–10% выход сырого шпона. Проведены исследования по определению предела прочности шпона при растяжении в зависимости от способов базирования, подтверждающие повышение прочностных показателей при повышенной точности заготовок.

Problems of increasing of accuracy of orientation of workpieces for peeling-reeling units (round wood blocks), and also rigidities of mechanical systems of the equipment and their influence on quality of a veneer are considered. It is offered to apply basing device of co-ordinate type with numerical programmed control (NPC), developed in FTI NAS Belarus, raising on 5-10 % a yield of a damp veneer. Researches by determination of an ultimate strength of a veneer are carried out at a stretching depending on methods the orientations confirming increasing прочностных of datas at raised accuracy of workpieces.

Введение. В условиях современных предприятий возросло значение рациональной организации производственного процесса изготовления фанеры, повышения эффективности работы оборудования и координации технических средств управления и контроля. Увеличились объемы необходимой для управления информации, повысились требования к ее оперативности и точности. Возросли объемы и скорости производственных процессов. Приведенные факторы определяют уровень организации труда и производства, конечные результаты деятельности фанерного предприятия. Технологический процесс производства шпона и фанеры требует значительных энергетических, трудовых и материальных затрат. По этой причине для эффективного управления фанерным предприятием необходимо специализированное оборудование, работа которого основана на оптимизации процессов с применением средств вычислительной техники и систем ЧПУ. Особое место в сложной структуре технологического процесса производства фанеры занимает получение сырого шпона. В целях экономии энергии и повышения эффективности производства оборудование, работающее на участке сортировки и подачи фанерных сортиментов к лущильным станкам и непосредственного лущения, требует значительной модернизации. При этом используются, как правило, два направления: *разработка способов управления оборудованием на основе систем ЧПУ, совершенствование механической системы станков.*

Основная часть. *Применение базирующих устройств координатного типа с ЧПУ и влияние их работы на качество лущеного шпона.* Возникновение ошибки базирования зависит от геометрических пороков формы ствола (кривизны, закомелистости и др.) и приводит к значительным потерям сырья и уменьшению объемного выхода шпона, что особенно характерно для механических базирующих устройств, применяемых на фанерных предприятиях Республики Беларусь. Работа этих устройств основана на ориентации сортимента по двум сечениям, которые находятся на определенном расстоянии от торцевых поверхностей сортимента. Участок ствола, расположенный между ними, при базировании не учитывается, что приводит к неточностям при установке сортимента в шпинделях лущильного станка.

Одним из наиболее важных направлений в решении проблемы экономии древесного сырья, наряду с внедрением новых технологий, является разработка методов управления оборудованием для лущения шпона на основе компьютерных систем, в том числе с применением ЧПУ. Применение современных устройств для оцифровывания поверхностей круглых лесоматериалов, параметрических систем трехмерного моделирования позволит значительно увеличить точность ориентации сортиментов при лущении, разработать и создать координатные устройства, обеспечивающие увеличение объемного выхода шпона и экономию фанерного сырья.

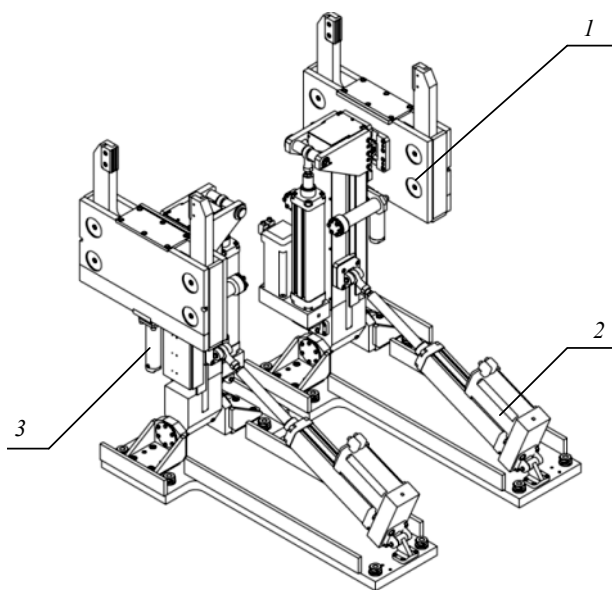
В ФТИ НАН Беларуси был разработан и изготовлен комплекс оборудования для измерения координат поверхности сортиментов и их базирования в лущильном станке. Алгоритм работы механизма центрирования основан на поиске оптимального положения оси вращения сортимента на основе минимизации длин отрезков, которые численно равны расстоянию между точками условных центров сечений и предполагаемой осью сортимента. Для нахождения координат условных центров решается задача условной оптимизации:

$$\begin{cases} \min(-R^2), \\ P_c, R, \\ R^2 - (x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $P_c(x_c, y_c)$ – точка искомого центра окружности; x_i, y_i – координаты точек; R – радиус вписанной окружности. Координаты определяются для любого конечного количества сечений (определяются свойствами модели).

Найденные в результате оптимизации координаты характерных точек на торцевых поверхностях сортимента определяют положение оси максимального вписанного в него кругового цилиндра. Положение сортимента при совмещении этой оси с осью шпинделей лущильного станка дает возможность максимизировать объемный выход делового шпона и уменьшить количество отходов.

Основу комплекса представляют современные линейные модули и оптические системы, обладающие высокой надежностью и точностью (рисунок).



Координатное устройство базирования с ЧПУ:
1 – захват;
2, 3 – электроцилиндры позиционирования

Благодаря взаимодействию исполнительных механизмов комплекса, работающих под управлением программы и модуля измерения координат поверхности сортиментов, появилась возможность определить объем выпускаемой продукции. Проведенные исследования показывают, что качество шпона при оптимальном базировании значительно возрастает. Сравнительный анализ способов базирования фанерных сортиментов показал, что при выполнении ориентации сортиментов с учетом их формы и координат точек поверхности, а также толщины коры можно добиться значительной экономии фанерного сырья.

Проведенные исследования показывают, что качество шпона при оптимальном базировании значительно возрастает. Сравнительный анализ способов базирования фанерных сортиментов показал, что при выполнении ориентации сортиментов с учетом их формы и координат точек поверхности, а также толщины коры можно добиться значительной экономии фанерного сырья. Однако повышение объемного выхода шпона и уменьшение количества отходов не должно повлиять на качество продукции (в данном случае лущеного шпона). При установлении оптимальной оси вращения сортиментов увеличение объемного выхода форматного и делового шпона происходит за счет более полного использования периферийной зоны древесного ствола. Существенное влияние на прочность древесины оказывает содержащаяся в клеточных оболочках влага (которую называют связанной) и отклонение от правильного расположения волокон. Для подтверждения эффективности базирования и сравнения показателей качества шпона по отношению к принятым нормам (в соответствии с требованиями ГОСТ 9996) были проведены механические испытания полученного шпона на прочность при растяжении.

Для получения данных о влиянии угла наклона волокон шпона по отношению к действию силы и количественных значений прочности шпона были проведены исследования березового шпона толщиной 0,55 мм. Образцы шпона для исследований изготавливались в соответствии с ГОСТ–20800. Для проверки качества листов шпона, отобранных «вслепую» из двух пачек (для различных способов базирования), были получены и исследованы образцы шпона с различным углом наклона волокон соответствующих размеров. Данные испытаний приведены в таблице.

В результате исследований выявлено, что средние значения предела прочности шпона при базировании электронным способом превосходят значения предела прочности при базировании

механическим способом (в таблице выделены полужирным шрифтом).

Сравнительный анализ предельных значений прочности при растяжении шпона для различных способов базирования

Предел прочности, МПа, при растяжении для угла наклона волокон (механический способ базирования)			Предел прочности, МПа, при растяжении для угла наклона волокон (электронный способ базирования)		
0	45	90	0	45	90
70	3,2	6,4	78	2,8	5,1
65	6,4	12,3	74	6,4	4,8
56	8,2	2,3	75	13,2	3,45
73	5,9	6,4	77,4	12,9	5
65	7,3	6,8	80	11,8	6,3
67	11,3	1,7	77	7,9	3,9
78	9	4,4	76	9	5,6
81	14	6,4	82,3	12,3	6,3
73	6,2	1,5	74	6,2	4
85,5	12,6	8	86	15,2	5
80	13,2	12	87	14,9	6
82	10,5	1,8	89	10,4	7
73,0	9,4	5,8	79,6	10,2	5,2

Влияние механической системы станков на показатели качества шпона. Как известно, лущеный шпон по толщине имеет отклонения от расчетной средней величины, а также периодические колебания по длине ленты. Причины колебаний толщины лущеного шпона следующие: кинематические погрешности цепи подачи суппорта; ограниченная и непостоянная жесткость узлов лущильного станка; неравномерная плотность древесины, определяемая анизотропией ее свойств; колебаниями температуры прогрева; колебания значений режимных факторов процесса лущения; степени обжига; заднего угла; параметров ориентации ножа и линейки и др.

Поле рассеивания размеров шпона по толщине, в результате влияния погрешностей изготовления отдельных звеньев кинематической цепи, подачи суппорта, по данным проф. Куликова В. А. [1], для эксплуатируемых типов лущильных станков составляет в среднем $a = 0,1 \dots 0,15$ мм.

Среди причин, вызывающих колебания толщины лущеного шпона, наибольший удельный вес составляют динамические погрешности, вызываемые ограниченной жесткостью отдельных узлов лущильного станка.

Наиболее эффективный путь снижения себестоимости клееной фанеры состоит в сокращении расхода сырья на производство единицы продукции. В настоящее время в среднем 10% готового продукта теряется в виде упрессовки в процессе склеивания фанеры в горячих прессах. Расчеты показывают, что повышение точности лущеного шпона по толщине в 2 раза по сравнению с существующей точностью позволит уменьшить расход сырья на изготовление 1 м³ фанеры на 3,5% и за счет этого получить значительный экономический эффект.

Повышение равномерности толщины шпона, кроме того, даст возможность повысить его прочность, снизить шероховатость поверхности, а следовательно, уменьшить коробление фанеры и расход клеевых материалов.

Как известно, лущеный шпон по толщине имеет отклонения от расчетной средней величины, а также периодические колебания по длине ленты.

Причины колебаний толщины лущеного шпона следующие: кинематические погрешности цепи подачи суппорта; ограниченная и непостоянная жесткость узлов лущильного станка; неравномерная плотность древесины, определяемая анизотропией ее свойств и колебаниями температуры прогрева; колебания значений режимных факторов процесса лущения: степени обжига, заднего угла, параметров ориентации ножа и линейки и др.

Поле рассеивания размеров шпона по толщине в результате влияния погрешностей изготовления отдельных звеньев кинематической цепи подачи суппорта для эксплуатируемых типов лущильных станков составляет в среднем $6\sigma = 0,10 \dots 0,15$ мм. Эта величина на практике соответствует колебаниям размеров толщины шпона, полученного из одного сорта мента, в пределах 0,6...0,7 мм. Уменьшение кинематических погрешностей возможно при повышении точности изготовления отдельных звеньев механизма подачи суппорта, и в первую очередь суппортных винтов. Однако при жесткой связи между шпинделями станка и суппортом колебания толщины шпона, вызываемые неравномерностью перемещения режущего инструмента, неизбежны. Практически полностью устранить кинематические погрешности шпона позволяет способ лущения по принципу копирования при замыкании системы «шпиндели – чурак – суппорт» постоянным усилием. Целесообразнее всего это осуществлять путем гидropriжима суппорта к разлущиваемому чураку. Основные закономерности, присущие данному способу лущения, достаточно широко известны.

Влияние анизотропии древесины на величину периодических колебаний толщины шпона в целом незначительно, и, как показали опыты, теоретическое поле рассеивания для березового шпона 1,5 мм не превышает величину 0,05 мм.

Оптимальные условия гидротермической обработки сырья и лущения шпона позволяют практически устранить влияние на толщину шпона неравномерности прогрева древесины и различных факторов процесса резания.

В любой момент лущения упругие перемещения шпинделей равны:

$$y_1 = \frac{P_n}{j_1}, \quad (2)$$

где P_n – горизонтальная составляющая усилия резания-подачи; j_1 – жесткость шпинделей в рассматриваемой точке. Вследствие того, что в следующей точке приращение упругой деформации составит

$$\Delta y = y_1 - y_2 = P_n \left(\frac{1}{j_1} - \frac{1}{j_2} \right). \quad (3)$$

Представив j_2 в виде $j_1 + \Delta j$, получим

$$\Delta y = \Delta S = \frac{P_n \Delta j}{j_1 (j_1 + \Delta j)}. \quad (4)$$

При абсолютно жесткой древесине, несмотря на изменение величины усилия, $y_1 = y_2$ и $\Delta S = 0$.

Придать суппорту требуемую жесткость можно различными классическими средствами: на основе гидравлического подпора суппорта, с применением «плавающей линейки» и др. Известное в зарубежных лущильных станках применение «плавающей линейки» на основе гидравлического подпора для обеспечения постоянства обжима шпона значительно менее эффективно, чем возможное применение «плавающего суппорта». Малая жесткость такой линейки, строго соответствующая усилиям резания, не может сколько-нибудь заметно повлиять на уменьшение колебаний толщины шпона

Среди причин, вызывающих колебания толщины лущеного шпона, наибольший удельный вес составляют динамические погрешности, вызываемые ограниченной жесткостью отдельных узлов лущильного станка. На основании этого нетрудно объяснить наблюдаемое нередко в практике лущения увеличение толщины шпона по краям ленты (к концу резания) на 0,05–0,07 мм и соответствующее уменьшение в середине ленты. Это изменение средней толщины шпона не может быть следствием геометрии резания древесины при лущении.

Увеличение толщины шпона по краям ленты на практике объясняется ограниченной жесткостью шпиндельных узлов станка и суппорта, обуславливающей наличие периода стабилизации толщины шпона, нередко распространяющегося на весь процесс.

Заключение. Отходы и потери в фанерном производстве составляют более половины переработанной древесины (от 59 до 68% для различных сортов фанеры). Их образование происходит на следующих стадиях производства: лущения шпона, сушки шпона, склеивания и обрезки фанеры. Наибольшее количество отходов образуется при лущении шпона (40...45%). Основной причиной возникновения отходов древесины на данном этапе технологического процесса является неточное базирование сортиментов [2]. Возникновение ошибки базирования зависит от геометрических пороков формы ствола и приводит к значительным потерям сырья и уменьшению объемного выхода шпона, что особенно характерно для механических базирующих устройств, применяемых на фанерных предприятиях. Работа этих устройств основана на ориентации сортирента по двум сечениям, которые находятся на определенном расстоянии друг от друга. Форма участка ствола, расположенного между ними, при базировании не учитывается, что приводит к неточностям при установке сортирента в шпинделях лущильного станка.

Важным направлением в решении проблемы экономии древесного сырья наряду с внедрением новых технологий является разработка методов управления оборудованием для лущения шпона на основе компьютерных систем. Разработана конструкция устройства для оцифровывания поверхностей круглых лесоматериалов и параметрических систем трехмерного моделирования, что позволяет значительно увеличить точность ориентации сортиментов при лущении, разработать и создать координатные устройства, обеспечивающие увеличение объемного выхода качественного шпона с повышенными прочностными характеристиками в среднем на 5–10% и экономию фанерного сырья.

Литература

1. Новое в производстве фанеры, древесностружечных плит и древеснослоистых пластиков: сб. тр. ЦНИИФ. – М., 1989. – Вып. 11. – С. 34–39.
2. Калугин, Ю. К. Сравнительный анализ способов базирования фанерных чураков / Ю. К. Калугин, А. В. Петров // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2004. – № 5. – С. 16–17.

Поступила 14.03.2011