

УДК 674.026

А.А. Фомин

Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Фомин Анатолий Анатольевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Владимирский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Имеет 30 печатных работ, в том числе 2 монографии и 7 патентов РФ в области механической обработки крупных отходов лесопиления и деревообрабатывающего оборудования.
E-mail: fomin1@mail.ru



МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ СЕГМЕНТОВ

Разработана методология построения эффективной механической обработки периферийных сегментов, образующихся в результате продольного раскроя бревен, реализация которой позволяет получать качественную продукцию из отходов древесины, снижать затраты на электроэнергию и повышать производительность процесса обработки.

Ключевые слова: периферийный сегмент, крупные отходы лесопиления, механическая обработка, система автоматического управления.

Производство качественной древесной продукции из крупных отходов древесины, в частности периферийных сегментов, позволит существенно повысить конкурентоспособность отечественной деревообрабатывающей промышленности и получить значительную прибыль в масштабах Российской Федерации.

В настоящее время увеличиваются объемы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание эффективного оборудования и технологии механической обработки крупных отходов лесопиления. Уже созданы модели пильно-фрезерных станков, которые прошли сертификацию и апробацию в условиях деревообрабатывающих предприятий, при этом эффективность использования новых разработок в значительной степени зависит от научно-обоснованных рекомендаций по построению технологических процессов и оптимизации режимов резания.

На сегодняшний день известны станки для механической обработки периферийных сегментов, однако их компоновка и принцип функционирования не обеспечивают геометрической точности изделия, высокой производительности процесса и простоты его реализации. Это объясняется, во-первых, тем,

что периферийный сегмент непредсказуемой формы и размеров устанавливаются и закрепляются в станочном приспособлении, после чего заготовку перемещают со скоростью рабочей подачи относительно режущего инструмента, во вторых, требуемое пространственное положение заготовки относительно инструмента обеспечивается точным направлением рабочего стола с приспособлением.

Указанные обстоятельства приводят к затратам большого количества вспомогательного времени на выполнение технологической операции вследствие необходимости установки, выверки и закрепления каждой заготовки, подлежащей механической обработке. В результате этого производительность процесса фрезерования периферийного сегмента значительно снижается. Применение станочного приспособления, достаточно точно перемещающегося относительно режущего инструмента, обеспечивает технологическую надежность выпускаемой продукции, однако существенно усложняет конструкцию станка, что отражается на себестоимости готового изделия.

Для повышения производительности процесса механической обработки крупных отходов лесопиления, упрощения оборудования при соблюдении требований к качеству готового изделия нами предложен способ [3] и станок [1], позволяющие устранять отмеченные недостатки действующего производства. Более высокая производительность и простота оборудования достигаются применением скользящей схемы базирования заготовки с наибольшей длиной направляющей технологической базы. Разработанная схема скользящего базирования обеспечивает требуемую точность пространственного расположения заготовки относительно режущего инструмента и исключает необходимость применения станочного приспособления для закрепления периферийного сегмента.

Реализация предложенных решений потребовала проведения научных исследований, на основании которых была разработана методология построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления.

Для построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления необходимы следующие исходные данные:

тип производства, определяемый коэффициентом закрепления операций и зависящий от годового объема периферийных сегментов, подлежащих механической обработке;

характеристика свойств заготовки (сорт обрабатываемой древесины, сбежистость, влажность, распределение сучков по криволинейной неокоренной поверхности, максимальные перепады снимаемого припуска и др.);

модель и техническая характеристика станка для обработки отходов лесопиления (производительность, скорость рабочей подачи заготовки, частота вращения элементов кинематических цепей, мощность установленных электродвигателей, наличие или отсутствие системы автоматического управления скоростью подачи заготовки, наклоном шпиндельного узла станка и др.);

технологические требования к обработанному изделию (геометрические размеры с допусками, показатели геометрической точности обработанных поверхностей (шероховатость, волнистость, отклонение профиля продольного и поперечного сечений), отсутствие прижогов поверхностного слоя и др.).

Для построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления необходимо соблюдать следующие научно-обоснованные рекомендации:

обеспечивать устойчивое базирование заготовки при обработке путем использования схемы скользящего базирования, характеризующейся комплектом технологических баз и наибольшей протяженностью направляющей технологической базы;

применять встречную схему фрезерования с обеспечением прижатия шпиндельного узла к подвижной направляющей «ласточкин хвост» путем направленного воздействия рабочей силовой нагрузки на технологическую систему;

обеспечивать высокую изгибную жесткость системы станок–приспособление–инструмент–заготовка путем применения зеркального пространственного отображения компоновки шпиндельного узла базовой модели станка, размещения напротив режущего инструмента дополнительной металлической опорной пластины для безрезонансного протекания процесса обработки;

применять при снятии припуска $Z \leq 15$ мм автоматическое управление скоростью подачи заготовки, основанное на ПИ-законе, а при $Z > 15$ мм – на ПИД-законе управления. Наиболее предпочтительной из технологических условий процесса механической обработки периферийного сегмента и работы самой системы управления является система автоматического регулирования (САУ) [2], основанная на ПИ-законе управления скоростью подачи заготовки, вследствие чего эта система используется в разработанном станке [1];

уменьшать модули главного вектора $D_{ст}$ и главного момента дисбалансов M_D режущего инструмента путем корректировки масс. При этом, в целях упрощения, корректировку углов векторов $D_{ст}$ и M_D проводить не следует, поскольку изменение углов при любом режиме фрезерования не оказывает влияния на уровень вибрации элементов технологической системы и конечные геометрические погрешности обработанных поверхностей, а сказывается лишь на дислокации этих погрешностей на обработанной поверхности;

при высоких требованиях к микрогеометрии обработанной поверхности (высота неровностей $R_z \leq 100$ мкм) балансировку режущего инструмента производить в двух плоскостях коррекции с компенсацией статической и моментной неуравновешенности шпиндельного узла, при невысоких требованиях ($R_z > 100$ мкм) – в одной плоскости коррекции с компенсацией главного вектора дисбалансов инструмента;

применять конструкцию режущего инструмента, обеспечивающую точное его центрирование на шпинделе станка путем использования цанговых

зажимов, упругие элементы которых обжимают цилиндрическую посадочную шейку шпинделя и выбирают радиальные зазоры в соединении шпинделя с фрезой;

при проектировании режущего инструмента следует назначать минимальный угловой шаг между смежными режущими зубьями и максимально возможное их число в инструменте, для чего использовать модульный принцип конструирования с возможностью поворота модулей относительно друг друга;

для снижения кинематической составляющей геометрической погрешности изделия уменьшать глубину резания и скорость продольной подачи заготовки, увеличивать частоту вращения и число режущих зубьев фасонной фрезы, а также применять систему автоматического управления рабочей подачей заготовки;

для уменьшения разброса толщины поперечного сечения изделия из периферийного сегмента следует использовать конструкцию станка с начальным наклоном оси шпиндельного узла к горизонтальной плоскости в направлении приближения инструмента к обрабатываемой заготовке [5].

С учетом выбранного закона управления рабочей подачей заготовки рекомендуется использовать разработанную нами программу управления станком, предназначенную для выполнения управления режимами резания, а также функциями, обеспечивающими соблюдение требований безопасности, предъявляемых к деревообрабатывающему оборудованию.

После выполнения предложенных выше рекомендаций по разработанным номограммам назначаем скорость рабочей подачи заготовки. В верхней части номограммы сплошными линиями (рис. 1, *а*) изображена зависимость мощности резания P_p от скорости подачи заготовки S , штрихпунктирной линией – изменение мощности резания при обработке периферийного сегмента, содержащего 20 % сучков. По изменению силы тока, потребляемого электродвигателем главного движения фасонной фрезы, определяем мощность резания P_p (т. *А*), отличающуюся от мощности двигателя $P_{дв}$ на величину потерь холостого хода. Находим кривую (для ствольной однородной древесины), проходящую через т. *В*, абсцисса которой равна значению мощности резания. Ордината т. *В* равна фактической (рабочей) скорости подачи заготовки S .

Тангенс угла наклона выбранной кривой задает изменения скорости подачи для вывода электродвигателя на работу с номинальной мощностью (т. *С*).

Максимально допустимую скорость рабочей подачи периферийного сегмента находим, пользуясь номограммой (рис. 1, *б*). Изменение приращения мощности в единицу времени при появлении в зоне обработки сучков (линия *1*), а также заготовки с припуском, значительно

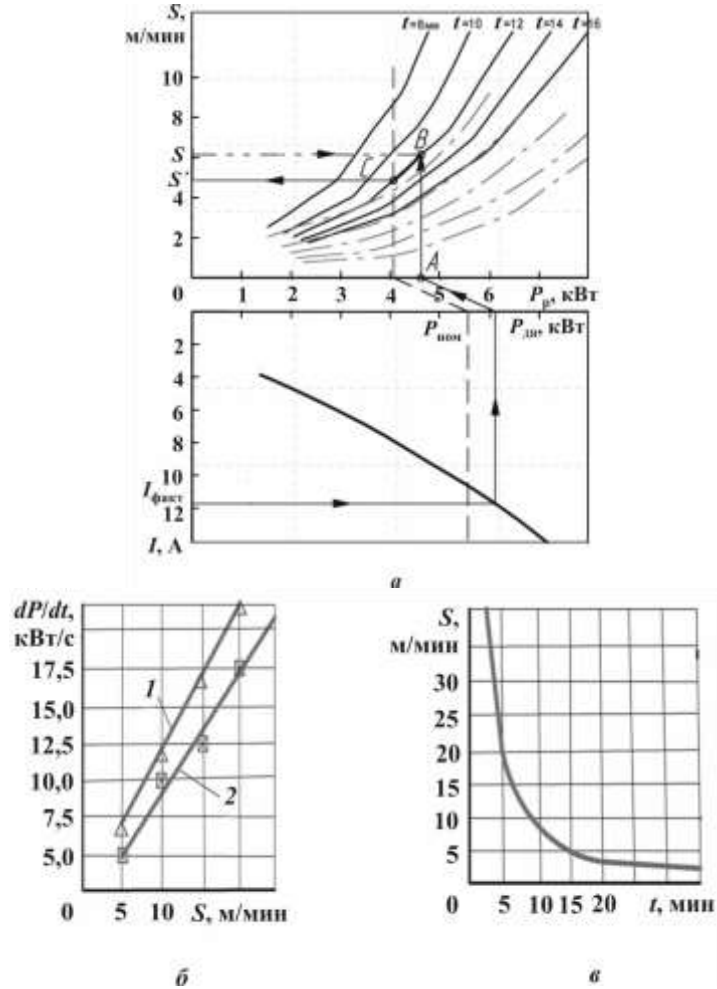


Рис. 1. Номограммы для определения скорости рабочей подачи: *a* – заготовки, *б* – максимально допустимой скорости, *в* – скорости в функции глубины резания

превышающим припуск предыдущей заготовки (линия 2), находим по формуле

$$\frac{\partial P}{\partial t} \leq \frac{P_{\max} - P_{\text{ном}}}{T},$$

где $\frac{\partial P}{\partial t}$ – приращение мощности резания в единицу времени при появлении в зоне обработки сучков или большого припуска;
 $P_{\text{ном}}$ – номинальная (по паспорту) мощность электродвигателя;
 T – время переходного процесса в системе управления.

Полученному значению приращения мощности в единицу времени соответствует только одна скорость подачи, определяемая по графику (рис. 1, б).

По графику (рис. 1, в) определяем скорость рабочей подачи в зависимости от глубины резания t при постоянной мощности фрезерования.

Последовательность практического применения методологии рассмотрена в работах [4, 5]. В качестве примера приведем решение одного из важнейших этапов методологии, который определяет схему построения технологического процесса механической обработки периферийного сегмента. Вследствие применения принципа концентрации переходов механическая обработка периферийного сегмента выполняется на одном станке, при этом в результате анализа возможных технологических схем обработки обоснована и принята схема, представленная на рис. 2, которая обеспечивает устойчивое базирование заготовки с использованием скользящего базирования, характеризующегося комплектом баз и наибольшей протяженностью направляющей технологической базы.

В начале процесса обработки в заготовку 6 врезаются ролики 5, 7, имеющие заострение по «экватору» и прижимающие заготовку к зубчатым вальцам 8 и 9, т. е. ролики 5, 7 сочетают в себе функцию направления заготовки и силового ее замыкания. При вращении зубчатых вальцов 8, 9 с угловой скоростью ω_p заготовка, перемещаясь по стрелке D_s , вступает в контакт с фасонной фрезой 10, которая, вращаясь по стрелке D_{r1} , осуществляет обработку неокоренной поверхности по дуге окружности. В непосредственной близости от фрезы, установлен фасонный прижимной ролик 4, имеющий образующую, совпадающую с криволинейным контуром режущих зубьев инструмента.

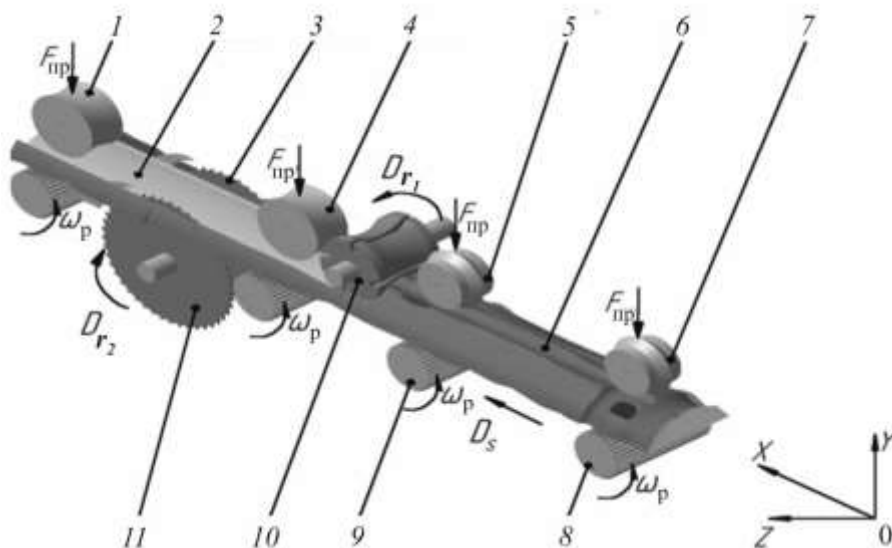


Рис. 2. Технологическая схема механической обработки периферийного сегмента

После фасонной фрезы 10 расположены пилы 3, 11, которые вращаются по стрелке D_{r_2} и отрезают неровные края заготовки. В конце зоны обработки установлен ролик 1, имеющий профиль, аналогичный профилю ролика 4. Ролики 1 и 4 контактируют с обработанной поверхностью 2, обеспечивая устойчивое направление заготовки по оси X и воспринимая поперечные силы резания, действующие в направлении оси Z. Рассмотренная технологическая схема обеспечивает производительную и безрезонансную обработку периферийного сегмента, а также простоту конструкции станка.

Результаты исследований, последующая их экспериментальная проверка, испытания и внедрение разработок [1–3] показали, что реализация предложенной методологии обеспечивает повышение производительности процесса обработки в 1,6 раза, снижение затрат на электроэнергию на 28 % [4, 5] и уменьшение отходов древесины, что сказывается на снижении объема вырубki лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 95589 РФ, МПК В 27 С 1/00. Станок для первичной обработки периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.: заявл. 11.03.10; опубл. 10.07.10. Бюл. № 19. с.
2. Пат. 2416512 РФ, МПК В 27 С 1/00. Система автоматического регулирования мощности фрезерования при обработке периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.; заявл. 25.01.10; опубл. 20.04.11. Бюл. № 11. 3 с.
3. Пат. 2443547 РФ, МПК В 27 С 1/00. Способ первичной обработки периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.; заявл. 11.03.10; опубл. 27.02.12. Бюл. № 6. 3 с.
4. Фомин А.А., Гусев В.Г. Механическая обработка отходов древесины // Избр. тр. Всерос. конф. по проблемам науки и технологий. М.: РАН, 2011. 128 с.
5. Фомин А.А. Оборудование и технология механической обработки отходов лесопиления: моногр. М.: Машиностроение, 2013. 206 с.

Поступила 18.12.12

A.A. Fomin

Vladimir State University

Methodology for the Process of Machining of Peripheral Segments

A methodology has been developed for effective machining of peripheral segments, allowing us to receive quality products from wood waste, reduce energy costs and improve machining productivity.

Keywords: peripheral segment, large wood waste, machining, automatic control system.
