

DOI: 10.58168/TBiEc2025_441-447

УДК 674

ЭКСТРУЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

EXTRUSION TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS FROM WOOD WASTE

Черных А.С., кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. **Chernykh A.S.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Рублев И.Ю., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. **Rublev I.Y.**, postgraduate, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация: В работе рассмотрен перспективный метод переработки древесных отходов-экструзия. Был проведен анализ процесса экструзии, его параметров и применяемого оборудования. Также было рассмотрено устройство экструдера и его разновидности.

Abstract: The article considers a method of processing wood waste-extrusion. An analysis of the extrusion process, its parameters and the equipment used was carried out. The extruder device and its varieties were also considered.

Ключевые слова: древесные отходы, технология, композиционный материал, экструзия, переработка.

Keywords: wood waste, technology, composite material, extrusion, recycling.

В современном мире проблемы промышленного использования древесных отходов становятся все более острыми. Ежегодно образуется огромное количество отходов лесоперерабатывающей промышленности. По данным различных исследований, до 50% древесины может уходить в отходы, которые часто не подлежат переработке. Это не только приводит к потере ценного сырья, но и негативно сказывается на экологии, увеличивая количество углеродных выбросов. В связи с этим возникает потребность в создании действенных методов преобразования древесных отходов в высококласные композитные материалы, пригодные для применения в различных сферах.

Одним из наиболее перспективных методов переработки древесных отходов является производство древесно-полимерных композитов методом экструзии. Экструзия – это метод

переработки древесных отходов, при котором расплавленный или пластичный композиционный материал, состоящий из полимерной матрицы, древесного наполнителя и комплекса добавок выдавливается через формующее отверстие для получения готовых изделий. Экструзивный метод позволяет производить детали со сложной формой погонажного типа, с толщиной стенок до 2-3 мм, что положительно отличает его от других методов, например, горячего прессования плитных материалов или их прокатывания.

Многофункциональные древесно-полимерные композиты изготавливают на специализированных экструзионных линиях (рис.1).

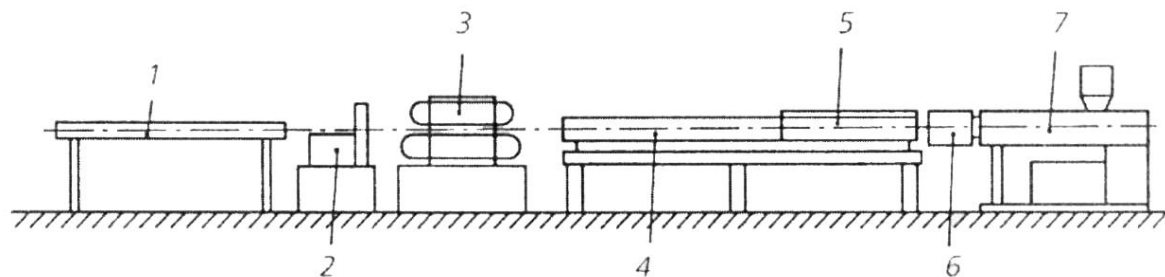


Рисунок 1 – Принципиальная схема производственной линии для производства древесно-полимерных композитов методом экструзии: 1 - приемное устройство готовой продукции; 2 - режущее устройство; 3 - протягивающее устройство; 4 - охладитель, 5 – калибратор; 6 - экструзионная головка (фильера); 7 - экструдер.

Экструдер является основным элементом экструзивной линии и представляет собой шнековое устройство, предназначенное для производства профильных изделий из полимерных композитов посредством процесса экструзионного формования (экструзии) [1].

Экструдеры для древесно-полимерных композитов выпускаются в одношнековом или двух-шнековом исполнении. Одношнековые экструдеры (рис. 2) чаще применяются для переработки гранулированных материалов из композитов, то есть при двух-стадийном производстве, а двух-шнековые – для переработки первичной смеси композитов. Экструдер является основным оборудованием в экструзионной линии.

Рассмотрим классификацию оборудования для экструзии и проанализируем его основные параметры.

Для любого типа экструдера характерны следующие основные компоненты:

- материальный цилиндр (корпус машины);
- рабочий элемент машины (шнек, поршень, диск);
- загрузочный узел;
- двигатель переменного тока с регулировкой;
- системы нагрева и охлаждения;
- формующая головка;
- регулирующие и контрольно-измерительные устройства.

Корпус оснащён несколькими продольными каналами, которые препятствуют вращению древесно-полимерного материала при движении шнека. Это улучшает качество

гомогенизации расплава внутри корпусной части. Для дополнительного эффекта шнеки снабжаются зубьями, шлицами и кулачками.

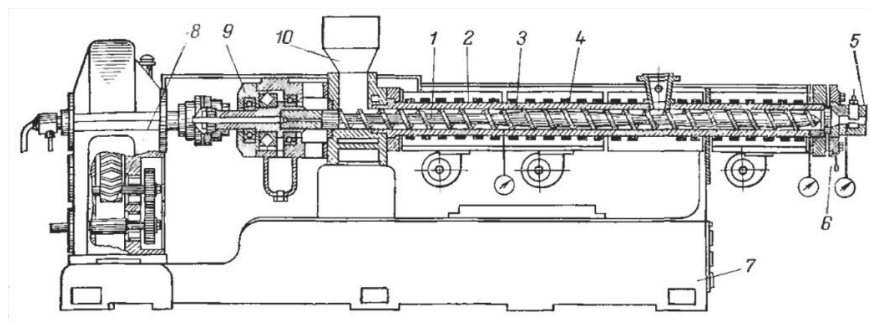


Рисунок 2 – Одношнековый экструдер: 1 – шнек; 2 – корпус; 3 – гильза материального цилиндра; 4 – нагревательные элементы; 5 – экструзионная головка с профилирующим инструментом; 6 – адаптер; 7 – станина; 8, 9 – редуктор и блок упорных подшипников; 10 – бункер

В современных экструдерах применяются шнеки с относительной длиной $L/D = 15 \dots 35$. Диаметр шнеков регламентируется ГОСТ 14773-80 и может составлять 20; 32; 45; 63; 90; 125; 160; 200; 250; 320; 450; 630 мм. Для производства древесно-композиционных материалов применяют одношнековые экструдеры с диаметром шнека D равным $45 \dots 90$ мм, длина – $20 \dots 30 D$.

При создании высоконаполненных композиций многофункциональных древесно-полимерных материалов с содержанием древесной фракции 70% и более необходимо учитывать условия текучести расплава композита. На реологические свойства расплава древесно-полимерного композита существенное влияние оказывают температура, давление, скорость вращения шнека, процентное содержание древесной составляющей и ее фракционный состав. При этом получаемый композит по эксплуатационным показателям не должен уступать традиционным МДФ, ДВП и ДСП.

Важно отметить, что производство многофункциональных древесно-полимерных композитов может быть одно или двух-стадийным. При двух-стадийном производстве, на первом этапе производится компаундирование компонентов, при котором связующее, древесная составляющая и специальные добавки объединяются, что обеспечивает равномерное распределение всех элементов в композите. В результате получают малые гранулы, которые далее поступают на второй этап для производства необходимого изделия.

Компаундирование – это метод литья под давлением, при котором производятся гранулы многофункционального древесно-полимерного композита. Технологический процесс компаундирования состоит из сушки древесного наполнителя, измельчения древесного наполнителя до состояния муки, смешивания с полимерными гранулами и специальными добавками в миксере, экструзии и гранулировании. После чего гранулы охлаждаются и складываются в специальном контейнере [3].

Таким образом, основными достоинствами данной технологии являются улучшение реологических свойств композита при его дальнейшей переработке, полное удаление влаги и как следствие повышение эксплуатационных характеристик древесно-полимерных композиционных материалов.

При одностадийной переработке или прямой экструзии технологическая линия оснащается специальным экструдером с зоной предварительной пластикации. Здесь полимерное связующее плавится и далее поступает в основной рабочий цилиндр экструдера. Древесная составляющая вместе с добавками вводится в основной цилиндр экструдера через специальный экструзионный дозатор. Фильтры, калибраторы должны обеспечивать производство профилей на достаточно высоких скоростях.

Основные параметры экструдера включают в себя характеристики шнека, такие как диаметр и длина, а также параметры процесса, такие как температура, скорость и давление. Оптимизация этих параметров критически важна для получения качественных и стабильных изделий. Диаметр шнека, его длина, а также соотношение длины к диаметру влияют на качество экструзии и определяют производительность экструдера.

Температура экструзии: температура внутри экструдера — это один из самых важных параметров. Неправильная температура может негативно сказаться на вязкости материала и на качестве экструзии. Слишком высокая скорость экструзии может привести к деформации или к появлению пузырьков воздуха. С другой стороны, слишком медленная экструзия может сказаться на производительности. Давление в экструдере напрямую связано со скоростью экструзии и с качеством готового изделия. Проверка температуры и скорости охлаждения влияет на структуру и свойства экструдированного материала. Грамотное охлаждение помогает предотвратить деформацию и гарантирует создание нужной формы изделия.

При производстве профильных изделий из древесно-полимерных композитов на экструдер устанавливается специальная технологическая оснастка. Она состоит из экструзионной головки с формующим инструментом с профилем конкретного изделия и калибрующего устройства, придающего изделию конечные размеры и форму.

От степени точности и адекватности реологического и теплотехнического расчета экструдера и его технологической оснастки (скорость экструзии, вязкоэластичные деформации, коэффициенты разбухания, сбалансированность отдельных потоков и др.) зависит стабильность поперечного сечения профиля изделия, его механические свойства, а также качество поверхности.

Форма заготовки, которая вышла из экструзионной головки близка к форме конечного изделия, но отличается от него размерами. При производстве изделий из древесно-полимерных композитов при формовании профиля необходимо учитывать разбухание экструдата, вытяжку расплава, термическую усадку, склонность к образованию остаточных напряжений, неравномерность охлаждения и другие эффекты присущие данным композитам.

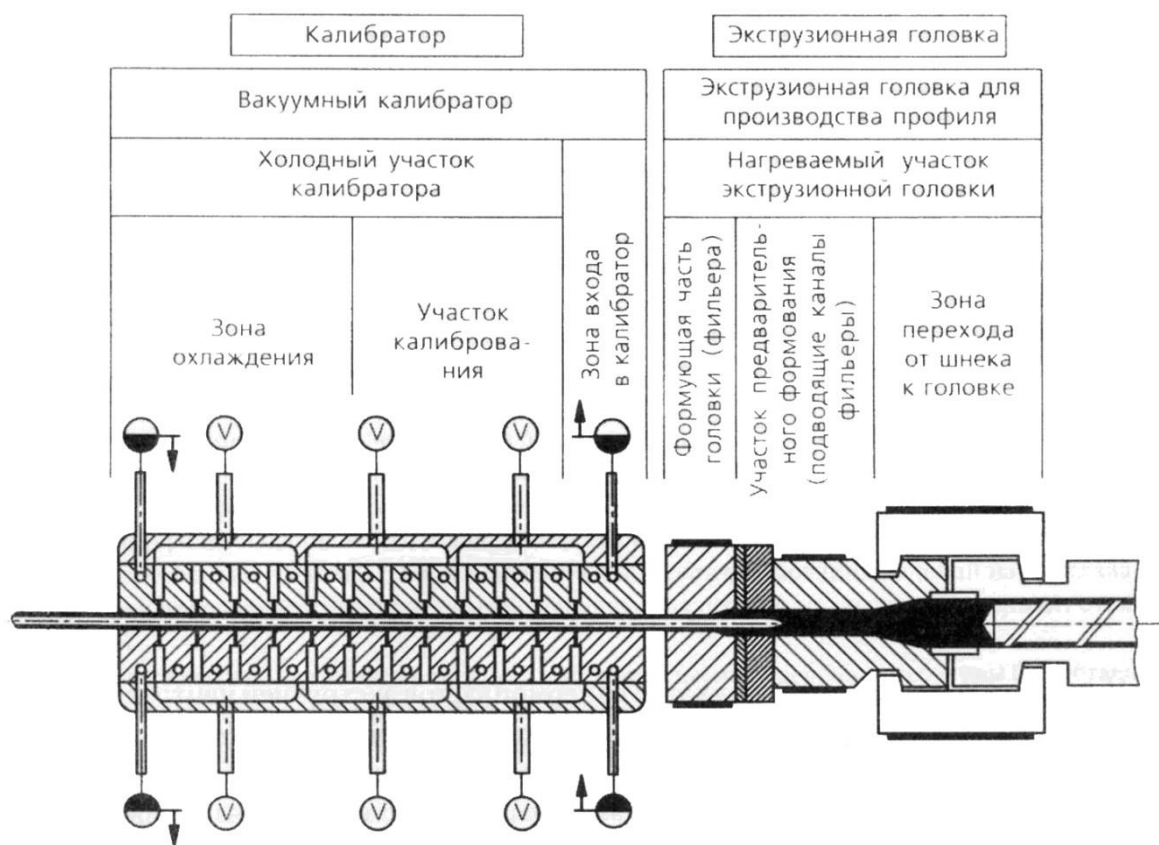


Рисунок - 3 Функциональные участки экструзионной головки и калибратора

При калибровке изделия коэффициент трения по металлу при установленной температуре и скорости экструзии должен быть минимальным. Материалы с такими свойствами крайне сложно подобрать, поэтому более эффективным является создание искусственных условий для проявления этих качеств. Например, для снижения коэффициента трения применяют воздушное или водяное охлаждение изделия перед входом в калибратор или композит дополняют различными антифрикционными добавками [4].

Экструзионная головка и калибратор являются сложными и дорогостоящими частями экструзионной линии, что связано со сложностями расчета, проектирования и изготовления этих инструментов. Программное обеспечение для полного цикла проектирования экструзионных головок и калибраторов отличается высокой стоимостью, порой превышающей стоимости изготовления самой технологической оснастки. Однако, какими бы не были точными расчеты без доводки экструзионной головки ее работа будет неэффективна. Доработка производится после первых пробных запусков с получением определенных результатов работы «первичной» головки. При дальнейшей доводке технологической оснастки необходимо стабилизировать скорость расплава композита по всему геометрическому сечению профиля и по всем ее каналам. Для производства оснастки используется парк новейших металлообрабатывающих станков и центров: программируемые обрабатывающие центры и станки с ЧПУ.

Таким образом, экструзионные технологии представляют собой перспективный метод производства композиционных материалов из древесных отходов, позволяющий получать экологически чистые и технически высокоэффективные материалы. Важным направлением является использование коры березы - отхода, который до сих пор практически не применялся в подобных технологиях. Такой материал обладает уникальными свойствами и может стать новым сырьем для производства композитов [5].

Исследование и внедрение методов экструзии для переработки коры березы актуально и перспективно, поскольку это позволит расширить ассортимент экологически чистых материалов, снизить экологическую нагрузку и повысить эффективность использования древесных ресурсов. В дальнейшем необходимо проводить дополнительные исследования по оптимизации технологических режимов и разработке специализированного оборудования для работы с данным сырьем.

Список литературы

1. Герасимов М. К., Игнатьева Г. И., Вольфсон С.И. Методы формования изделий из древесно - полимерных композиций // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 20. С. 106-107
2. Файзулин И.З., Мусин И.Н., Вольфсон С.И. Производство древесно-полимерных композиционных материалов экструзионным методом // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 21. С. 81-84.
3. Экструдеры. – URL : <https://proplast.ru/articles/ekstruderyi/>.
4. Clemons C. Elastomer modified polypropylenepolyethylene blends as matrices for wood flour-plastic composites/ C. Clemons // Composites: Part A. - 2010. - Vol. 41. - P. 1559-1569.
5. Черных А. С. Рублев И. Ю. Проблемы переработки древесных отходов в виде коры березы // Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса : Материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 26 сентября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 208-212. DOI: 10.58168/E-SEFTFI2024_208-212

References

1. Gerasimov M. K., Ignatieva G. I., Wolfson S.I. Methods of molding products from wood-polymer compositions // Bulletin of Kazan Technological University. 2012. No. 20. pp. 106-107/
2. Fayzullin I.Z., Musin I.N., Wolfson S.I. Production of wood-polymer composite materials by extrusion method// Bulletin of Kazan Technological University. 2014. No. 21. pp. 81-84.
3. Ekstruderyi. – URL: <https://proplast.ru/articles/ekstruderyi/>.

4. Clemons S. Modified elastomers of polypropylene-polyethylene mixtures as matrices for wood flour and polymer composites/ S. Clemons//Composites: Part A. - 2010. - Volume 41. - pp. 1559-1569.

5. Chernykh A. S., Rublev I. Y. Problems of processing wood waste in the form of birch bark // Energy-saving and environmentally safe technologies of the timber industry: Proceedings of the International Scientific Conference of Scientists and Students, Voronezh, September 26, 2024. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. pp. 208-212. DOI: 10.58168/E-SEFTFI2024_208-212.