

Указанное оборудование может применяться для переработки древесины в лесных массивах, загрязненных радионуклидами. Перечень и марки оборудования могут изменяться в зависимости от объемов переработки, уровня загрязнения древесины радионуклидами, размеров перерабатываемого сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заикин А.Н., Меркелов В.М. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины, загрязненной радионуклидами: монография. – Брянск: БГИТА, 2012. – 266 с.

УДК 67.05

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ

А.М. Морозов,

канд. техн. наук, научный консультант, ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ», г. Москва, РФ

Г.Н. Кононов,

канд. техн. наук, проф. кафедры ХТДиП, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи-5, РФ.

К.Л. Косарев,

аспирант кафедры ХТДиП, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи-5, РФ.

kosarev_83@mail.ru

А.В. Кудряшов,

студент факультета МХТД, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи-5, РФ.

В статье рассматривается принцип действия вихревой импеллерной мельницы и результаты её использования для измельчения древесины и продуктов её химической переработки.

В настоящее время в России заготавливается около 500 млн м³ древесины. При этом на всех стадиях процесса от заготовки до переработки древесного сырья образуется значительное количество отходов [1]. Одними из перспективных направлений совершенствования технологии переработки и последующего использования таких отходов, являются методы, основанные на механохимической активации.

Большое разнообразие промышленных аппаратов для измельчения древесного сырья, создаваемых различными фирмами, можно подразделить на пять основных типов, в зависимости от конструктивных особенностей: конусные мельницы, роторные и молотковые мельницы, шаровые, барабанные мельницы, вибрационные мельницы, дезинтеграторы и вихревые мельницы. Для измельчения волокнистых материалов в основном применяются вихревые мельницы.

Основной принцип действия вихревых мельниц заключается в создании условий для сильного удара измельчаемого субстрата о стенки помольной камеры. Для этого ему придается ускорение и направленное движение в результате формирования воздушного потока (вихря). Недостаток простой вихревой мельницы – быстрое разрушение внутренней поверхности помольной камеры от интенсивного столкновения с измельчаемым субстратом, а также то, что фрагменты материала, из которого состоит помольная камера, могут попадать в состав измельчаемого продукта в качестве примесей [2].

Для повышения эффективности измельчения древесных материалов разработаны импеллерные мельницы вихревого типа. В конструкцию помольной камеры таких мельниц дополнительно добавлена специальная измельчающая лопасть (импеллер), которая формирует дополнительный вихревой поток внутри помольной камеры, в результате которого измельчаемый материал сначала ударяется о лопасти импеллера и лишь затем дополнительно размалывается в результате удара и трения о внутренние стенки мельницы. Установлено, что импеллерные вихревые мельницы, в силу большей эффективности реализуемого в них принципа измельчения, позволяют получать частицы меньшего размера, чем классические вихревые мельницы, и при этом обладают существенно меньшей энергоемкостью (в 1,5–1,7 раза) и большим сроком службы [3].

Для микроизмельчения отходов переработки древесины ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» была разработана импеллерная мельница вихревого типа с регулируемой температурой измельчения и узлом сортировки продукта.

Мельница состоит из узла загрузки сырья (винтовой конвейер), помольной камеры с перфорированными стенками, ротора импеллера, устройства классификации и выгрузки сырья, электродвигателя (30 кВт) и модуль управления.

При разработке и изготовлении опытного образца была предусмотрена возможность изменения геометрии помольной камеры за счет установки на внутреннюю поверхность корпуса съемных г-образных пластин (рис. 1)

В камере помола импеллерной мельницы происходит сложное воздействие на перемалываемый продукт. Ротор-импеллер закручивает поток, придавая частицам вихревой характер движения. Линейная скорость движения ротора и частиц измельчаемого материала в камере помола достигает 150 м/с. Частицы материала, испытывают столкновения с элементами ротора (8-ю съемными ударными пласти-

нами) и другими частицами измельчаемого материала. При этом происходит их измельчение за счет самоистирания и разрушения от ударов.

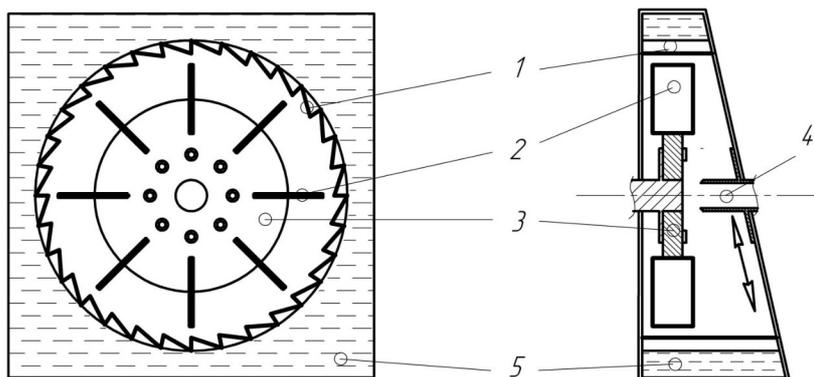


Рис. 1. Схематичное изображение помольной камеры:

1 – съемные г-образные пластины, 2 – съемные пластины ротора, 3 – ротор-импеллер, 4 - окно выдачи продукта, 5 – охлаждающая жидкость (вода)

Под действием преобладающей центробежной силы крупные частицы отбрасываются на периферию помольной камеры, где образуют слой интенсивного самоизмельчения. При этом часть механической энергии, сообщаемой ротору-импеллеру его приводом, переходит в тепло, за счет которого и происходит сушка сырья.

Кроме того, в зоне между ротором-импеллером и корпусом (статором) камеры помола образуются акустические колебания с частотой до 30 кГц, обусловленные движением воздуха через гребенчатый канал переменного сечения. Такое воздействие на обрабатываемый материал приводит к дополнительному ещё большему измельчению. Амплитуда этих акустических колебаний обратно пропорциональна величине зазора между лопатками ротора-импеллера и выступами статора. В местах, где лопатка ротора-импеллера проходит около выступа статора, реализуется избыточное давление воздуха, создаваемое скоростным напором воздушного потока. После прохождения лопатки ротора-импеллера выступа на статоре происходит резкое падение давления.

Изменение количества и параметров этих пластин позволяет регулировать частоту акустических колебаний обусловленных движением воздуха между зазором ротора и статора, а также изменять величину пульсации давления, максимально оптимизируя условия помола для каждого типа микроизмельчаемого сырья.

Древесина имеет высокоразвитую капиллярную структуру со множеством продольных каналов-полостей. Эти каналы нагружаются избыточным давлением с высокой частотой его пульсации. Это нагружение может усиливаться вскипанием влаги внутри клеточной стенки под воздействием повышенной температуры (за счёт точечного перегрева) и пониженного давления.

Разрушение от перепадов давления происходит в основном вдоль волокон древесины и в особенности в местах их частичной деформации.

На внешней стороне помольная камера имеет наклонную поверхность. Соответственно дверь помольной камеры так же располагается под наклоном. Узел выгрузки сырья крепится к двери помольной камеры и соответственно тоже находится под наклоном. Окно выдачи продукта перемещаясь от центра ротора вниз по регулировочному желобу происходит одновременное удаление окна выдачи относительно поверхности ротора. Тем самым такой способ позволяет регулировать тонину помола в широком диапазоне. Объясняется это следующим принципом: более мелкие (легкие) фракции при измельчении перемещаются к центру ротора, а частицы с большим удельным весом, благодаря центробежной силе, отдаляются от центра ротора к периферии и находятся дальше от поверхности ротора. Такая конструкция будет способствовать своевременной выгрузке частиц нужной размерности, предотвращая их дальнейшее самоистирание.

Для проведения испытаний разработанного оборудования нами были использованы смешанные опилки хвойных и лиственных пород древесины, целлолигнин с отвала шумерлинского химического завода – отход экстрактивного производства получения таннинов из древесины дуба, и гидролизный лигнин Кировского БХЗ – отход гидролизного производства, использующего в качестве сырья, в основном древесину хвойных пород [4].

Данные отходы деревопереработки были выбраны нами вследствие того, что их компонентный состав отличается отсутствием той или иной группы компонентов древесины.

Исходная древесина представляет собой полный комплекс компонентов, включает углеводную часть состоящую из целлюлозы и гемицеллюлоз и ароматической части лигнина, а также целого комплекса экстрактивных веществ различной химической природы. Целлолигнин представляет из себя

древесину, освобождённую от таннинов и других водозэкстрактивных веществ и является высокомолекулярным лигноуглеводным комплексом. Гидролизный лигнин являясь отходом гидролизного производства представляет собой сильно изменённый по сравнению с протолигнином продукт его конденсации и частичной деструкции агрегированный с гидролизованной остаточной углеводной частью древесины. Если в природной древесине и целлолигнине лигноуглеводный комплекс практически не изменён то в гидролизном лигнине он претерпел сильные изменения химического характера превратившись совершенно иной по сравнению с древесиной химический продукт.

Древесина и продукты её частичного химического разрушения обладают структурой специфического характера, которая сохраняется даже в случае достаточно жёстких методов химической обработки. Эта структура обладает высокой пористостью и большой площадью внутренней поверхности.

Крупные механические включения и высокое содержание влаги (60–70%) в образцах лигнина и целлолигнина, взятых с отвалов, затрудняют проведение процесса механоактивации. Поэтому перед проведением механоактивации была проведена их предварительная подготовка, с использованием установки сушки и измельчения АС-4-1000. После предварительной подготовки размер частиц обработанного материала составил не более 5 мм – для целлолигнина и не более 2 мм – для ГЛ.

Механоактивацию проводили в режиме обеспечивающем наибольшую степень измельчения (окно выгрузки располагалось напротив центра ротора-импеллера).

Для изучения структуры исходного сырья и продуктов его механоактивации в работе нами был использован сканирующий электронный микроскоп Phenom G2 Pro позволяющий получать изображения с увеличением до 45000 крат и разрешением до 25 нм. Размер частиц исходного сырья определяли с помощью ситового анализа. Для анализа механоактивированного продукта был использован лазерный дифракционный анализатор размера частиц Analizette 22 MicroTec plus позволяющий измерять размерность частиц в диапазоне от 80 нм до 2 мм. Влажность исследуемых образцов определяли с помощью влагомера Sartorius MA-150.

После проведения механохимической активации во всех образцах наблюдалось снижение влажности и уменьшение диаметра частиц обрабатываемого материала в среднем в 10–15 раз. Изменения гранулометрического состава и влажности размалываемых материалов представлены в таблице.

Таблица

Влияние механоактивации на гранулометрический состав и влажность древесины и продуктов её химической переработки

Измельчаемый материал	До		После	
	Влажность, %	Диаметр частиц, мкм	Влажность, %	Диаметр частиц, мкм
Древесина	25,32	2000–7000	10,69	186–853
Целлолигнин	22,85	700–5000	7,14	23–325
Гидролизный лигнин	10,78	10–2000	6,17	1,2–132

Фотографии и микрофотографии исходных и механоактивированных материалов представлены на рисунках 2–10.



Рис. 2. Древесные опилки до проведения механоактивации



Рис. 3. Целлолигнин до проведения механоактивации



Рис. 4. Гидролизный лигнин до проведения механоактивации



Рис. 5. Древесные опилки после проведения механоактивации



Рис. 6. Целлолигнин после проведения механоактивации



Рис. 7. Гидролизный лигнин после проведения механоактивации



Рис. 8. Микрофотография древесных опилок после проведения механоактивации ($\times 1000$)

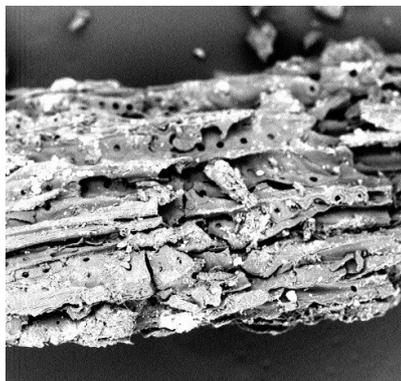


Рис. 9. Микрофотография частицы целлюлозы после проведения механоактивации ($\times 1000$)

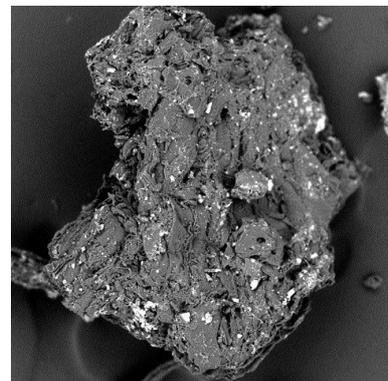


Рис. 10. Микрофотография частицы гидролизованного лигнина до проведения механоактивации ($\times 2000$)

Выводы

1. При размоле древесных опилок происходит резкое падение влажности и среднего диаметра частиц, вследствие влияния совокупности рассмотренных факторов (пульсация избыточного давления, точечный нагрев материала, интенсивное ультразвуковое воздействие).

2. В случае целлюлозы воздействие этих факторов приводит к ещё более значительному разрушению исходной структуры частиц связанному с нарушением надмолекулярной структуры углеводной части древесины, при воздействии на неё перегретого пара.

3. Что-же касательно гидролизованного лигнина то его исходный достаточно мелкий гранулометрический состав, ещё более значительно уменьшается. Этому способствует достаточно низкая исходная влажность, и как следствие повышенная хрупкость связанная также с сетчатой структурой этого продукта.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного контракта № 16.522.12.2010, заключенного между Министерством образования и науки РФ и ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» по мероприятию 2.2 федеральной целевой программы: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
2. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 1. – СПб.: НПО «Профессионал», 2010. – 848 с.
3. Липилин А.Б. Новая технология сушки и измельчения древесных отходов // Полимерные материалы. – 2010. – № 12. – С. 18–19.
4. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств: учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 486 с.

