

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Как известно, в промышленности применяются различные технологии сушки древесины, различающиеся между собой используемым оборудованием и некоторыми особенностями тепла, которое передается материалу (древесине) для сушки.

В зависимости от методов передачи тепла, технологии подразделяются на четыре основных вида: конвективная, кондуктивная, радиационная, электрическая.

Существуют также смешанные технологии сушки древесины, являющиеся комбинацией вышеперечисленных технологий.

На сегодняшний день сушка древесины известными способами требует высоких энергозатрат – 200 - 250 кВт/ч на кубометр. Это приводит к тому, что стоимость качественной сушки превышает стоимость древесины и стоимость ее распиловки. Традиционным способам присущи низкая производительность, возникновение дефектов древесины (коробление, растрескивание и т.п.), неоднородность остаточной влажности по длине пиломатериала ("пятнистая влажность"), а также наличие экологических проблем. Например, выброс в атмосферу или "древесной" влаги, содержащей органические кислоты, щелочи, скипидар, метанол и т.п., или продуктов сгорания топлива при нагреве теплоносителя, необходимого для обогрева сушильной камеры, или опасность утечки фреона из системы охлаждения для конденсационных сушильных камер.

Современные тенденции совершенствования сушильного оборудования имеют эволюционный характер и не могут принципиальным образом устранить эти недостатки. Возможно лишь улучшение характеристик действующего оборудования на единицы или десятки процентов. Причина в том, что неизменным остается физический принцип сушки - испарение содержащейся в древесине влаги. В этом случае можно говорить только об увеличении коэффициента полезного действия всего сушильного комплекса за счет улучшения конструкции сушильной камеры, использования новых теплоизоляционных материалов, оптимизации режимов сушки и т.п.

Уникальные свойства древесины как естественного полимера, имеющего сложную капиллярную структуру, позволяют создать технологию сушки пиломатериалов без изменения агрегатного состояния содержащейся в ней влаги. При сушке ультразвуком содержащаяся в древесине влага удаляется в виде жидкости. Это в несколько раз снижает удельные энергозатраты и увеличивает производительность оборудования на 50-70%.

По результатам исследований (воздействие УЗ на свойства древесины) отмечено следующее:

- повышение качества пиломатериала (исключение коробления, растрескивания и т.п.);
- уничтожение сапрофитов и гифов, высокая стойкость к последним после сушки;
- низкое влагопоглощение после сушки;
- повышение резонансных характеристик древесины;
- повышение стойкости к гниению.

Другими важными преимуществами новой технологии являются:

- повышение производительности оборудования, резкое уменьшение его габаритов, веса и потребляемой мощности;
- улучшение экологических показателей (отсутствие выбросов вредных веществ в атмосферу и легкий сбор выделенной из пиломатериалов жидкости);

- возможность создания совмещенной производственной линии сушка-обработка пиломатериала и, как следствие, повышение экономических показателей процесса деревопереработки.

Выведение содержащейся в древесине влаги в виде жидкости может составить самостоятельный коммерческий интерес в отношении получения сырья для химической и парфюмерной промышленности. В настоящее время обогащенная полезными веществами и микроэлементами влага, содержащаяся в древесине, извлекается выпариванием с последующей конденсацией. Это обуславливает высокое энергопотребление и низкую производительность процесса, а также неизбежно приводит к частичной потере ценных веществ и микроэлементов (известно, что при любом фазовом переходе происходит очистка от примесей, что составляет основу многих методов получения чистых материалов).

Установка для ультразвуковой сушки пиломатериалов, модификации свойств древесины и получения сырья для химической и парфюмерной промышленности в едином технологическом процессе состоит из следующих основных блоков:

1. Рама (выполняет роль несущей конструкции).
2. Механизм протяжки пиломатериала:
  - привод (эл. двигатель, редукторы, цепи, шестерни);
  - валы прокатные.
3. Ультразвуковой блок:
  - УЗ-генератор;
  - УЗ-излучатель.
4. Механизм прижима:
  - пиломатериала к УЗ-излучателю;
  - приводных валов.

В установке используется конвейерный принцип подачи пиломатериала, что диктуется и физическим принципом воздействия на последний, и открывает возможность совмещения данного оборудования с деревообрабатывающим, например, со строгальным станком. Это обстоятельство позволит исключить такие операции, как штабелевание пиломатериала, его загрузка и выгрузка из сушильной камеры.

На рис. 1 показана блок-схема УЗ установки. Роль несущей конструкции в установке выполняет рама (1), на которой закреплены механизм протяжки пиломатериала (2), УЗ-излучатель (3) и механизм прижима (5). Доска (6) с помощью механизма протяжки (2) перемещается по горизонтальному столику (7), в который вмонтирован УЗ-излучатель (3), запитываемый от УЗ-генератора (4). Для уменьшения потерь ультразвуковой волны при ее отражении от пиломатериала, используется механизм прижима (5) доски (6) к УЗ-излучателю (3). Для исключения проскальзывания пиломатериала механизм протяжки также обеспечен механизмом прижима. Распространяющаяся в древесине ультразвуковая волна приводит к выделению содержащейся там влаги в виде жидкости. Визуально это выглядит следующим образом: из движущейся по УЗ-излучателю доски вытекает жидкость.

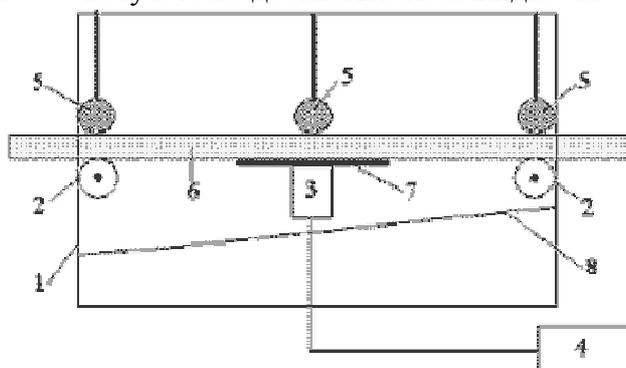


Рис.1. Блок-схема УЗ - установки:

- 1 - рама; 2 - механизм протяжки; 3 - УЗ-илучатель; 4 - УЗ-генератор; 5 - механизм прижима; 6 - доска;  
7 - горизонтальный столик; 8 - поддон для сбора выводимой из доски жидкости

Данный способ сушки пиломатериалов основан на изменении физической природы механизма удаления содержащейся в древесине жидкости и влечет за собой резкое (в несколько раз) снижение удельного энергопотребления технологического оборудования. При использовании ультразвуковой технологии исчезает необходимость расхода энергии на нагрев теплоносителей, древесины, элементов конструкции сушильной камеры и т.п.

#### **Библиографический список**

1. Коваль В. С., Пинчевская Е. А. Сушка древесины. Киев, 2000
2. Расев, А. И. Тепловая обработка и сушка древесины: учебник для вузов ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. 360 с.
3. Сергеев, В. В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов: монография / В. В. Сергеев, Ю. И. Тракало. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. 225 с.
4. Хмелев, В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов [и др.]. – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.

**А.А. Наумова**

*Братский государственный университет*

### **ТЕХНОЛОГИЯ БЫСТРОЙ ЗАМОРОЗКИ**

Бывая за рубежом, многие из нас отмечали, в каком изобилии там представлена разнообразная "заморозка". Вероятно, причина этого явления кроется в том, что западный покупатель ценит возможность загрузить холодильник на несколько недель вперед и не тратить время на ежедневные походы по магазинам, а производитель понимает удобство реализации своей, зачастую скоропортящейся, продукции - в любом месте и в любое время.

В перестроечные времена замороженные продукты, преимущественно зарубежного производства, стали активно заполнять прилавки отечественных магазинов. Заметив интерес к этому товару, наши предприниматели взялись за изучение технологии быстрой заморозки. Для соблюдения традиционной технологии замораживания, с которой знакомы пользователи низкотемпературных холодильных камер, требуется температура -18-24С. Время заморозки помещаемого в это оборудование продукта составляет 2,5 часа и больше. В процессе замораживания можно выделить три диапазона температур в центре продукта: от +20 до 0С, от 0 до -5С и от -5 до -18С. На первом этапе происходит охлаждение продукта. Второй этап - это переход жидкой фазы продукта в твердую. Работа по забору тепла значительна, но его температура при этом снижается незначительно. Дело в том, что на этой стадии происходит подмораживание: кристаллизуется примерно 70% жидкой фракции продукта. На третьем этапе происходит домораживание. Снижение температуры, как и во время первой стадии, идет пропорционально выполняемой холодильной машиной работе.

Идея быстрого замораживания заключается в форсировании всех 3-х режимов: охлаждения, подмораживания и домораживания продуктов. Оно обеспечивается снижением температуры среды, в которую помещается продукт, до -30-40С и ускоренным движением хладоносителя (в роли которого в камере выступает воздух). Последнее возможно благодаря вентилированию испарителя. Специалисты отмечают, что дальнейшее снижение температуры приводит к неоправданным затратам мощности и к деформации продукта. Это же касается и увеличения скорости обдува, создающего риск заветривания продукта. Третьим средством ускорения процесса замораживания является интенсификация подмораживания за счет увеличения мощности на этом этапе.

#### ***Охлаждаем воздухом.***

В настоящее время существует несколько типов скороморозильных установок. По принципу работы их все можно разделить на четыре группы: воздушные морозильные аппараты, технику для бесконтактного замораживания, контактное оборудование и скороморозильные аппараты для замораживания продуктов хладоносителями.

Воздушные аппараты, к которым относятся скороморозильные установки туннельного типа, конвейерные и флюидизационные аппараты, получили наибольшее распространение на предприятиях, производящих "заморозку". Подобное оборудование состоит, как правило, из

двух отсеков - грузового и воздухоохладителя. В грузовом отсеке чаще всего применяется туннельная система воздухораспределения. Холодильные установки туннельного типа конструктивно не отличаются от низкотемпературных камер. Продукт на лотках или поддонах загружается на стеллажи в рабочую камеру. Он может помещаться в камеру и на технологических тележках. Существуют аппараты периодического и непрерывного действия.

Конвейерные скороморозильные установки применяют для обработки мелкоштучных продуктов -пельменей, зелёного горошка, овощей. Они могут замораживаться как россыпью, так и в расфасованном виде, или в блоках. По конструкции установки этого типа несколько различаются: одни имеют ленточный многоярусный транспортёр (3 или 4 ветви горизонтального типа), другие - цепной многоходовый транспортёр вертикального типа, а третьи - спиральный. Особенностью морозильных аппаратов со спиральным конвейером являются небольшие габариты. При их использовании не требуется специальных устройств, которые передавали бы продукт или блок-форму с одного яруса на другой.

Во флюидизационных аппаратах продукт, находясь во взвешенном состоянии, замораживается в потоке холодного воздуха, называемом "кипящим слоем". Воздух подаётся через специальную решётку в грузовой отсек со скоростью, вызывающей явление кипения. Флюидизационный аппарат используется только для обработки мелкоштучных продуктов: ягод, зелёного горошка, бобов, фасоли или крупных овощей и фруктов, нарезанных ломтиками одинаковой формы. Время замораживания в таком аппарате составляет всего 8-15 минут - в зависимости от размера частиц продукта.

Туннельные флюидизационные скороморозильные аппараты чаще применяют в составе автоматизированных производственных линий. Вместе с тем, в последнее время возрос спрос на подобные аппараты малой производительности. С целью его удовлетворения была разработана серия флюидизационных аппаратов с ручной закладкой продукта производительностью от 50 до 300 кг/час. В этом случае продукт закладывают в лотки и через загрузочную щель помещают в аппарат. Скорость вращения вентиляторов в аппаратах подобного типа регулируется с помощью инвертора, что позволяет использовать один и тот же агрегат для замораживания продуктов различных видов и размеров.

#### ***Замораживание в плитах.***

Вторая группа скороморозильных аппаратов работает по принципу бесконтактного замораживания. К ней относятся, например, широко используемые нашими рыбо- и мясopерабатывающими предприятиями плиточные аппараты, роторные установки и морозильные аппараты барабанного типа.

В плиточных аппаратах замораживают мясо, субпродукты, рыбу, фарш, рыбное филе, а также творог в блоках и брикетах мелкой расфасовки. Продукты, замороженные в этом оборудовании, имеют правильную форму, благодаря чему облегчаются их складирование и упаковка. Товар удобно в дальнейшем грузить в транспорт, укладывать в камеры хранения.

Плиточный аппарат включает в себя блок, состоящий из горизонтальных или вертикальных плит, перемещаемых посредством гидропривода. В межплиточный зазор помещают блок-формы из нержавеющей стали или пищевого алюминия с замораживаемым продуктом. Плиты сжимаются, чтобы создать хороший контакт. Внутри них при низком давлении кипит хладагент ( $T_{кип.} = -40^{\circ}C$ ), забирая тепло у обрабатываемого продукта. Благодаря его непосредственному контакту с охлаждаемыми плитами происходит интенсивное охлаждение и замораживание.

Аппараты с радиальным расположением плит получили название роторных. В них, по мнению специалистов, удачно сочетаются преимущества и воздушных, и плиточных морозильных устройств: процесс замораживания - непрерывен, загрузка и выгрузка - механизированы, замораживание - интенсивное, блоки - хорошо спрессованы. Этот тип оборудования предназначен только для замораживания продуктов, уже упакованных в тару. Они не примерзают к плитам, что исключает операцию оттаивания блоков при их выгрузке из аппарата.

Морозильные аппараты барабанного типа предназначены для замораживания мелкоштучных неупакованных продуктов, а также жидких и влажных продуктов неправильной формы. Замораживающим элементом в них является вращающийся барабан, между стенками которого подаётся холодильный агент или хладоноситель. Замораживаемый продукт на грузочном транспортёре в течение некоторого времени движется, находясь между лентой транспортёра и поверхностью барабана. Транспортёр слегка прижимает продукт к поверхности барабана - так, что он примерзает к ней. Затем его удаляют ножом и направляют на разгрузочный конвейер, который транспортирует продукт для последующей глазировки и упаковки в тару.

#### *Замораживание в азоте.*

В аппаратах третьего типа, контактных, происходит непосредственный отвод тепла к поглощающей его среде (в этом качестве могут использоваться криогенные жидкости, углекислота, 12-й фреон, прошедший специальную химическую очистку, а также хладоноситель - водный раствор хлористого натрия). К этому типу оборудования относятся криогенные, углекислотные и фреоновые аппараты.

В криогенных аппаратах в качестве теплоотводящей среды обычно применяют жидкий азот (его температура  $-196^{\circ}\text{C}$ ), а иногда - и жидкий воздух. Продукт погружается в эту среду или орошается ею. Достоинства такого аппарата - высокая интенсивность замораживания, компактность и простота конструкции. С другой стороны, нужно иметь в виду, что вследствие высокой скорости замораживания структура продукта может нарушиться, вызывая его расслоение.

Для замораживания кулинарных изделий часто используется углекислотный аппарат. Теплоотводящая среда в нём состоит из смеси газообразной и твёрдой углекислоты, которая с большой скоростью перемещается по грузовому отсеку, обдувая обрабатываемые продукты. Такой аппарат прост и надёжен в работе, обладает небольшой металлоёмкостью, быстро монтируется и хорошо вписывается в технологические линии по производству кулинарных изделий.

Особенностью фреонового аппарата является то, что хладагент, находящийся в грузовом отсеке и соприкасающийся с продуктами, предварительно проходит тщательную очистку, которая исключает его вредное влияние на замораживаемый продукт. В аппаратах такой фреон используется многократно: испаряясь при контакте с замораживаемым продуктом, он вновь превращается в жидкость в конденсаторе-испарителе.

Конструкция аппаратов четвёртого типа - для замораживания продуктов хладоносителями - проста, они высокопроизводительны и обладают малой металло- и энергоёмкостью. Так как в аппарате нет летучей среды, отсутствует необходимость герметизации грузового отсека, что упрощает загрузку и выгрузку продукта.

Таким образом из вышесказанного можно утверждать, что использование скороморозильных аппаратов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной технологией заморозки. Так, например, если замораживать пельмени или котлеты в обычной камере, потребуется 2,5 часа. При быстрой заморозке это время сокращается до 20-35 минут. При этом кристаллы льда формируются значительно меньших размеров и практически одновременно в клетке и в межклеточных перегородках. В результате лучше, чем при других способах консервирования, сохраняется структура тканей продукта.

За счёт скорости замораживания сокращается и период активности бактериологической среды. Бактерии разных типов имеют неодинаковые температурные зоны жизнедеятельности. При медленной заморозке в продукте появляются, и остаются, следы жизнедеятельности каждого из типов бактерий, в то время как при шоковой заморозке многие из них просто не успевают развиваться. Ещё один аргумент в пользу быстрой заморозки - уменьшение в 2-3 раза потерь массы продукта в результате усушки.

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

Сегодня в России действует 179 ТЭС на угольном топливе, что составляет около 30% всех мощностей ТЭС. Золошлаковые отвалы на многих электростанциях переполнены, при этом расширение отвалов невозможно либо требует значительных затрат. Если ничего не предпринимать, эти электростанции нужно будет останавливать и выводить из энергосистемы в ближайшие годы. Использование и развитие альтернативных способов утилизации золошлаковых отходов не имеет смысла без комплексного и масштабного внедрения современного энергоэффективного инженерного оборудования. Не будем также забывать, что функционирование этих предприятий приводит к поступлению большого количества загрязняющих веществ во все природные среды.

Плазменные технологии развиваются для решения широкого круга задач, одной из которых является энергосбережение. Используя потоки энергии низкотемпературной плазмы для получения высокотемпературных силикатных расплавов, позволяют добиться стабильно высоких температур, обеспечивают переход исходных силикатных материалов в расплавленное состояние [1-2]. Степень химической однородности расплава зависит от температуры плавления сырья и времени выдержки в расплавленном состоянии. Чем выше температура расплава и больше время его выдержки, тем интенсивнее происходит разрушение силикатных соединений и приближение к структуре истинных растворов оксидов в расплаве. Разрушение зон дальнего порядка в расплаве приводит к большей его разупорядоченности. Однородность расплава можно добиться либо повышением температуры, либо увеличением времени выдержки в расплавленном состоянии.

Если в качестве источника тепловой энергии использовать высококонцентрированный поток низкотемпературной плазмы, то за счет высоких температур (3000-5000.°C), резко снижается вероятность выбросов недоокисленных компонентов, сокращается время получения расплава (практически до нескольких секунд), исключается индукционный период плавления, наиболее опасный с экологической точки зрения. Необходимо отметить, что плазменные процессы фактически безинерционны, ими легко можно управлять и автоматизировать их проще, достигается одностадийность получения конечного продукта [2].

Многочисленные исследования показали, что весьма перспективным является использование в качестве сырьевой базы золошлаковых отходов, продуктов сжигания горючих сланцев, которые являются минеральным остатком, содержащим в своем составе до 49–62% SiO<sub>2</sub>, и, соответственно, несмотря на высокую (1600–1700 °C) температуру плавления, являются пригодными для выработки силикатного расплава.

Целью настоящей работы является – создание электроплазменной установки для получения расплава из тугоплавких силикатсодержащих материалов с позиций динамики развития передовых плазменных технологий по производству минерального волокна.

В лаборатории НИИ Строительных материалов Томского государственного архитектурно-строительного университета была разработана электроплазменная установка (рис.1) предназначенная для утилизации золошлаковых отходов, при получения минерального волокна из расплава тугоплавких силикатсодержащих материалов. Установка состоит из следующих основных узлов: генератора низкотемпературной плазмы 1; плавильной печи 3; выполненного в виде водоохлаждаемого цилиндра, внутрь которого помещен графитовый тигель; дозирующего устройства с червячным редуктором для подачи дисперсного материала 7; узла волокнообразования 5.

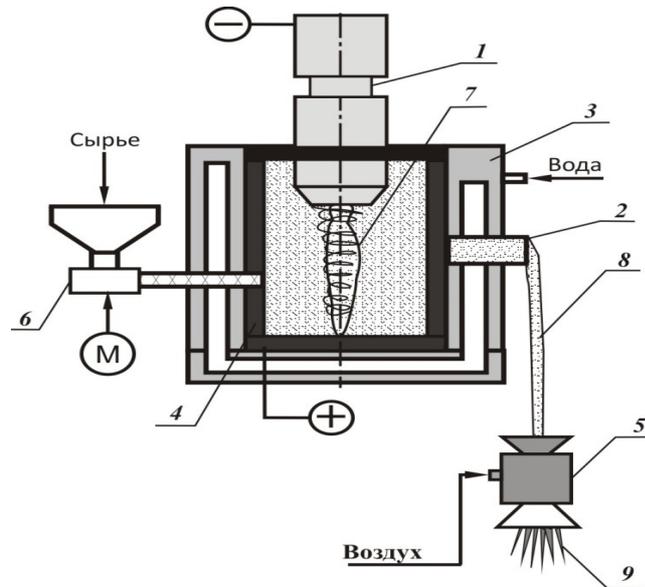


Рис. 1. Схема экспериментальной установки с комбинированным источником тепла для утилизации золошлаковых отходов, при получения минерального волокна

- 1 – плазматрон; 2 – сливной желоб; 3 – водоохлаждаемая плавильная печь; 4 – графитовый тигель; 5 – устройство волоконобразования; 6 – шнековый питатель; 7 – плазменная дуга; 8 – расплав; 9 – минеральные волокна

Принцип работы установки основан на взаимодействии высококонцентрированных потоков плазмы 9 с порошкообразным тугоплавким силикатсодержащим материалом (отходы горючих сланцев, зола после сжигания каменных углей) в результате, которого осуществляется нагрев дисперсных частиц с последующим образованием расплава 10. Образующийся расплав поступает к узлу волоконобразования 5. Использование конструкции дозирующего устройства со шнековым питателем 6 обеспечивает введение сырья не сверху на поверхность расплава, а с боковой части корпуса плавильной печи и непосредственно в область расплава. Частицы поступившей порции сырья, попадая в высокотемпературный расплав, смешиваются с ним и равномерно расплавляются, исключая выдувание мелкодисперсных частиц потоком низкотемпературной плазмы. Сырье вводится в толщу уже образованного расплава и, в результате, посредством джоулева нагрева по всему объему плавильной печи производится расплав введенного порошкообразного сырья. Что в результате позволяет понизить вязкость расплава и обеспечить равномерный его прогрев. После того, как расплав достигает уровня сливного желоба 2, поток силикатного расплава, переливаясь через его край, поступает к устройству 5 раздува в минеральные волокна. Графитовый тигель и устройство его охлаждения позволяет продлить срок службы плавильной печи.

Таким образом, применение плазменных технологий может быть использованы на предприятиях энергетической промышленности для утилизации силикатсодержащих отходов ТЭЦ, ГРЭС и др. Дальнейшее совершенствование указанной технологии способствует нормализации экологической обстановки в местах скопления отходов энергетических производств. Минимальные энергозатраты при утилизации зол и других отходов способствуют развитию энергосбережения на территории РФ.

### Работа частично поддержана грантом Президента РФ МК-2330.2013.8

#### Библиографический список

1. Махова М.Ф. Джигирис Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий // М., Теплоэнергетик. 2002. с. 170.
2. Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: Проблемы и перспективы / Г.Ю. Даутов, А.Н. Тимошевский, Б.А. Урюков и др. – Новосибирск: Наука, 2004. – 464 с. – (Низкотемпературная плазма. Т.20).