

СВЧ ПЛЮС ВАКУУМ: ОТ СЛОЖНОГО К ПРОСТОМУ

102

В последнее десятилетие сушка древесины в вакууме вызвала большой интерес у деревообработчиков и мебельщиков. Основным достоинством сушки древесины, в условиях пониженного давления в камере является повышение коэффициента диффузии паров воды и скорости продвижения влаги в древесине, это приводит к сокращению сроков сушки и улучшает ее качество.

При остаточном давлении 0,1 атм коэффициент диффузии увеличивается в 19 раз, а скорость продвижения влаги в древесине – в 4,5 раза по сравнению с этими показателями при атмосферном давлении.

Любой процесс сушки древесины происходит в такой последовательности: подвод тепла и перемещение влаги из внутренних слоев древесины к наружным, испарение влаги с поверхности древесины и удаление испаренной влаги из камеры. Эффективно ли справляются с этим современные вакуумные сушильные камеры, какие недостатки у этого оборудования и каковы пути устранения этих недостатков? Рассмотрим

способы подвода тепла и перемещения влаги из внутренних слоев древесины к наружным, испарения влаги с поверхности древесины и удаления испаренной влаги из вакуумных сушильных камер. В настоящее время в вакуумной сушке существуют два основных вида подвода тепла к высушиваемому материалу.

Первый способ. Условно назовем его вакуумно-конвективным циклическим. Тепло к древесине подводится циклически конвективным способом. В этом случае в вакуумной камере размещаются калориферы и вентиляторы для циркуляции теплоносителя. Роль теплоносителя играет паровоздушная смесь. После нагрева древесины

до заданной температуры калориферы и вентиляторы отключаются и начинается процесс вакуумирования. Выделяющийся из древесины пар конденсируется на стенках камеры или в специальных конденсаторах, куда подводится охлажденная вода. При этом способе прогрев древесины и процесс вакуумирования чередуются до окончания процесса сушки. К этому способу относится и вакуумно-импульсная сушка (ВИС), когда вакуум создается не в рабочей камере, а в дополнительной емкости (ресивере). По окончании нагрева древесины камера с помощью клапанов быстро сообщается с ресивером, в котором предварительно создан вакуум. Вокруг

древесины нужный уровень вакуума создается за считанные секунды, и влага частично удаляется в жидкой фазе.

Второй способ. Условно назовем его вакуумно-кондуктивным. В соответствии с ним подвод тепла к древесине и вакуумирование производятся непрерывно. Каждый слой пиломатериалов перекладывается нагревательными пластинами, по которым циркулирует горячая вода. Выделяющийся из древесины пар также конденсируется на стенках камеры или в специальных конденсаторах, куда подводится охлажденная вода.

Рассмотрим подробно недостатки вышеперечисленных способов вакуумной сушки древесины с точки зрения трех основных этапов (функций) процесса сушки: подвода тепла и перемещения влаги из внутренних слоев древесины к наружным, испарения влаги с поверхности древесины и удаления испаренной влаги из камеры.

ПЕРВЫЙ СПОСОБ

Подвод тепла и перемещение влаги от внутренних слоев древесины к наружным. Требования к этому этапу: он должен быть как можно более быстрым, эффективным и с минимумом тепловых потерь.

Что мы наблюдаем при первом способе? Процесс создания вакуума повторяется многократно, и каждый цикл занимает до 30 мин., то есть половину времени сушки, а это ведет к дополнительным тепловым потерям, удлиняет процесс и снижает его эффективность. Кроме того, в ходе дальнейшего нагрева в результате появления отрицательного градиента температуры и давления влага не только не удаляется из древесины, а, наоборот, направляется внутрь. Таким образом, можно констатировать, что этот способ не является оптимальным с точки зрения подвода тепла.

Требования к процессу испарения влаги с поверхности древесины. Для качественной сушки необходимо, чтобы оба процесса (перемещение влаги из внутренних слоев древесины к наружным и испарение влаги с поверхности древесины) происходили во взаимосвязи и сбалансированно. Влага от внутренних, сердцевинных, слоев должна перемещаться к поверхности древесины и испаряться с нее. При этом обязательно,

чтобы количество влаги, испаренной с поверхности, равнялось количеству влаги, перемещенной к поверхностным слоям древесины. Если количество воды, испаряемой с поверхности, будет больше, чем количество воды, перемещенное из внутренних слоев, то произойдет усыхание поверхностных слоев древесины. В результате между внутренними и внешними слоями возникнет напряжение. Причем оно будет тем больше, чем больше разница влажности сердцевины древесины и ее поверхности. Напряжения приводят к деформациям в структуре древесины и трещинам и разрушениям. Таким образом, если влагообмен равен влагопереносу, то сушка будет проходить без напряжений и деформаций.

Но при вакуумировании с поверхности пиломатериала влага испаряется полностью, следовательно, древесина пересыхает и в ней создаются напряжения, приводящие к появлению трещин.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в этом способе нарушается основное требование качественной сушки – нет баланса испаренной влаги и влаги, перемещенной к поверхностным слоям древесины.

Недостатками вакуумно-импульсных сушилок являются их большая металлоемкость и чрезвычайно высокая установленная мощность. Для примера: вакуумно-импульсная установка ИСП-7,5/2, состоящая из двух камер с объемом загрузки по 7,5 м³, весит 36,7 т (2,5 т на кубический метр загрузки), в 2–3 раза больше по сравнению с обычными вакуумными камерами. Ее установленная мощность составляет 253 кВт – такую на одну сушилку могут обеспечить далеко не все деревообрабатывающие предприятия.

ВТОРОЙ СПОСОБ

Есть серьезные минусы и у нагрева древесины пластинчатыми нагревателями. Так как они габаритные и тяжелые, для их укладки требуется специальное подъемное оборудование. Нагреватели надо подключать к источнику тепла и отключать, что требует дополнительного времени. Большие габариты нагревателей и образование внутри пузырьков воздуха приводят к неравномерности нагрева.

Влага из древесины выходит только через кромки, потому что пласти досок закрыты нагревательными пластинами. Здесь градиент тепла направлен от пластин к середине пиломатериала, что препятствует сушке.

Подождите, хочу сказать, что рассмотренные выше вакуумные сушилки имеют множество недостатков препятствующих максимальному использованию возможностей данного способа сушки. И самое главное, с увеличением толщины пиломатериалов продолжительность сушки увеличивается пропорционально толщине материала, а при толщине более 150 мм вакуумные сушильные камеры теряют привлекательность. Возникает вопрос: «Есть ли альтернативный рассмотренным способам сушки древесины вариант, исключающий все выше перечисленные недостатки?»

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ СВЧ-ЭНЕРГИИ

При СВЧ-сушке происходит активное обезвоживание древесины в результате воздействия электромагнитного излучения на свободную связанную влагу. Это явление и обуславливает в несколько раз более эффективную сушку древесины и значительно сокращает расход энергии, так как не требуется прогревать структуру древесины и окружающий воздух (теплоноситель), а большая часть энергии поглощается непосредственно влагой внутри древесины. Выделяемая теплота расходуется на нагрев сырой древесины до температуры кипения воды и на испарение влаги. Так как влага внутри древесины находится в замкнутом пространстве, с началом кипения воды внутри древесины повышается избыточное давление. При СВЧ-сушке древесины именно избыточное давление является двигателем влаги от внутренних слоев к поверхности древесины. И самое главное, два основных градиента – давления и температуры – постоянно направлены от центра древесины к ее поверхности. А градиент влажности по всему объему древесины близок к нулю, что препятствует образованию напряжения в древесине в процессе сушки.

Использование СВЧ для сушки древесины и в опытных, и в промышленных установках показало реальное и

103

ощутимое ускорение процесса сушки и улучшение качества высушенных пиломатериалов.

Выше мы рассмотрели преимущества микроволнового способа сушки. Но давно известны и преимущества вакуумной сушки, которая в несколько раз ускоряет высушивание древесины. Совмещение двух этих способов в одном оборудовании дает двойной эффект. Причем замечу, что вакуум в нашем оборудовании работает не циклически, а непрерывно. Это приводит к тому, что процесс ускоряется многократно по сравнению с вакуумно-импульсной сушкой, а сохраняется целостность древесины.

Рассмотрим последовательно этапы процесса сушки при этой технологии.

Подвод тепла. Энергия, выработанная магнетроном сушильной камеры, полностью, без потерь, и практически мгновенно доставляется к воде, которая находится в древесине. Замечу: именно к воде, а не к древесине. За счет СВЧ-энергии нагревается вода, а не древесина. Если в СВЧ-камеру поместить абсолютно сухой пиломатериал, то он не нагреется. Сухая древесина прозрачна для электромагнитных волн. Тепловая энергия выделяется только в воде. Влага в древесине нагревается и закипает. Горячий пар создает избыточное давление и начинает выдавливать влагу наружу – к поверхности. Температура внутри древесины может подняться до 120 °С, что соответствует избыточному давлению 1 атм. Для информации: микротрещины в древесине (в зависимости от породы, влажности и температуры) начинают образовываться, когда давление внутри превышает 3 атм. Мощность магнетрона подбирается таким образом, чтобы давление внутри древесины не поднялось выше 1 атм.

Перемещение влаги из внутренних слоев древесины в наружные. На начальном этапе сушки происходит выдавливание свободной влаги через капилляры древесины в жидкой фазе. После освобождения капилляров и пор от свободной влаги в них начинается движение паровоздушной смеси. При движении влаги по капиллярам из-за постоянного перенасыщения пара происходит вынужденная частичная конденсация

пара внутри капилляров, что приводит к возврату тепла древесине. Как известно, испарение всегда поглощает тепловую энергию. В нашем же процессе влага не испаряется с поверхности древесины, а выносятся паровоздушной смесью в свободное пространство камеры, поэтому древесина не охлаждается. После выхода из древесины капли падают вниз, на пол камеры, а пар за счет диффузии перемещается к ее стенкам. Температура пара, выходящего из древесины, около 100 °С. Горячий пар создает тепловую завесу, препятствующую охлаждению древесины. Древесина в процессе сушки постоянно находится в пропаренном состоянии, и капилляры на поверхности древесины все время открыты.

Удаление пара из камеры. Пар за счет естественной диффузии движется к стенкам камеры и контактируя с ними, конденсируется, отдавая им тепло. Они нагреваются до 70–80 °С. Из-за большой разницы температур пара в камере и окружающего воздуха нет необходимости принудительно охлаждать ограждение вокруг камеры. Теплообменный процесс между ограждением камеры и наружным воздухом происходит за счет естественной конвекции. Нагретое ограждение служит мощным теплоизолятором и отражателем тепловой энергии, которая направляется обратно в камеру.

В чем же заключается простота конструкции? В камере, кроме пиломатериалов, ничего нет – ни двигателей, ни вентиляторов, ни нагревательных пластин. Волноводы спрятаны в герметичные каналы. Тепловая энергия передается бесконтактным способом без потерь. В агрессивной среде находится только древесина. Нет необходимости создавать систему охлаждения камеры, все происходит без привлечения каких-либо механизмов.

СВЧ-генератор. Если десять лет назад масса промышленных СВЧ-генераторов составляла несколько тонн, то СВЧ-генераторы последних поколений легки и компактны. Появление таких современных компонентов, как твердотельные реле, ультрабыстрые диоды, варисторы, фильтры подавления электромагнитных помех и т. д., позволили упростить конструкцию этих генераторов, а соответственно, уменьшить их размеры и

вес и повысить надежность. Последние магнетроны имеют КПД = 0,9, а гарантийный срок их эксплуатации составляет 4–6 тыс. ч. СВЧ-генераторы стали надежными, а их устройство упростилось.

Волноводные тракты и антенны. Современные вычислительные технологии CST MICROWAVE STUDIO (CST MWS) позволили создать оптимальные волноводно-антенные комплексы, которые позволяют подводить СВЧ-энергию к древесине равномерно и устранить недостатки конструкции на стадии проектирования. Поэтому волноводные тракты и антенны стали компактными.

Корпус камеры. При проектировании корпуса использованы современные системы автоматизации проектных работ (САПР) и программы Autodisk Inventor. Прочностные расчеты также выполнены приложениями к этой программе. На внутренней поверхности корпуса камеры происходит естественная конденсация паров воды. Камера может быть изготовлена из нержавеющей стали или черного металла. В последнем случае корпус необходимо защитить от агрессивной среды.

Для этого применяются современные покрытия, обладающие высокими защитными свойствами. Лабораторные анализы показали безвредность технологии как для обрабатываемой древесины, так и для окружающей среды. Конденсат, слитый из камеры, по составу близок к дождевой воде. Излучения СВЧ-энергии за пределы камеры сведены к нулю. Поэтому данная технология абсолютно экологически чистая. Опытные сушки оцилиндрованных бревен и бруса показали экономичность и быстродействие процесса. Для сушки 1 м³ оцилиндрованных бревен и бруса с начальной влажностью 70–80% до влажности 15% расходуется 160–200 кВт·ч электроэнергии. При этом независимо от толщины бревен и бруса продолжительность сушки не превышает 24 ч. И самое главное, после такой сушки у оцилиндрованных бревен и бруса нет трещин и внутренних напряжений.

Фаузат ГАРЕЕВ,
канд. техн. наук

Единственный Партнер
для проектирования и реализации
вашего лесопильного завода

- Мы работаем с восточной Европой и бывшим Советским Союзом с 1985 года
- Нашими станками до сегодняшнего дня только в России переработано более чем 112 миллионов бревен.
- Мы делаем лесопильные заводы малой, средней и большой производительности - от 30.000 до 500.000 куб. м бревен в год.
- Мы единственные производители в мире фрезерно-профилирующей технологии, который перерабатывает бревна по длине от 800 до 6000 мм
- Проектируем и производим комплексные линии «под ключ» - сортировки бревен, лесопильные, деревообрабатывающие и производства пиломатериалов.
- Наши индивидуальные решения распила бревен приводят максимального выхода древесины по сравнению с другим производителям оборудованием в мире.
- В нашем секторе мы единственные производители оборудования и технологий **Made in Italy**

STORTI
WOOD WORKING MACHINERY

STORTI SpA Италия
Тел +39 0375 968311
Факс +39 0375 968310
www.storti.it - sales@storti.it

Storti Москва 1: +7 815 808 07 80
+7 815 898 10 72
Storti Санкт-Петербург: +575 299420601
moscow.office@storti.it

WSV valutec[®]
ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Открыт офис в России

г. Санкт-Петербург
ул. Л. Толстого
д. 7, офис 311
Тел. +7 812 718 32 38
Тел. +7 911 779 51 46
Факс +7 812 718 32 39

www.wsvalutec.ru