**О сушке древесины**

Сергей Золотов

Конъюнктура рынков в последние годы демонстрирует устойчивый рост спроса на древесину. Несмотря на новейшие разработки искусственных заменителей, древесина, по-видимому, останется основным материалом в строительстве, производстве мебели и других отраслях.

Классическая технология деревообработки обязательно включает участок сушки древесины. Этот участок является, пожалуй, самым сложным в технологической цепи "растущее в лесу дерево" — "готовое изделие". Сложность заключается прежде всего в управлении процессом сушения.

Более 90% существующих в мире сушильных камер — это стационарные сооружения, оснащенные вентиляторами, устройствами для направления потока, нагрева и управления влажностью воздуха. Температура внутри такой камеры обычно в зависимости от стадии процесса составляет от 40°С до 90°С.

При этом температурой и влажностью воздуха в камерах управляют автоматические системы, включающие устройства для измерения климата в камере и параметров состояния дерева.

Контроль скорости сушки минимизирует или совершенно устраняет дефекты древесины, вызываемые сушкой. Источниками тепла в обыкновенных камерах служат, как правило, пар, горячая вода или электричество. Использование электричества для отопления сушилок весьма ограничено из-за его высокой стоимости. Обычно его используют, когда не располагают другими источниками тепла. Поток воздуха в камере формируется вентиляторами, установленными в специальном канале. Направление движения воздушного потока периодически меняют, чтобы гарантировать равномерное высыхание всего штабеля.

Для того, чтобы управлять влажностью воздуха в камере, а в конечном итоге — скоростью сушки дерева, используются приточно-вытяжная вентиляция и система увлажнения.

Всеми устройствами управляет компьютер. Он поддерживает в камере нужный климат без участия человека. Такие системы позволяют документировать процесс сушки и осуществлять контроль качества в соответствии с требованиями стандартов серии ISO 9000.

**Характеристики древесных пород**

Древесина — органическое вещество, состоящее из клеток. Во время роста дерева по капиллярам течет лимфа — жидкость, в которой растворены различные соли (в основном соли азота, фосфора, калия), которые дерево получает из почвы. Так что после рубки дерева и распиловки его на доски древесная ткань оказывается веществом более или менее пористым, в зависимости от породы дерева, и более или менее пропитанным лимфой. Эта лимфа, которую мы в дальнейшем будем называть водой, и определяет влажность древесины.

**Влажность древесины**

Влажность древесины — это отношение веса воды, содержащейся в дереве, к весу абсолютно сухой древесины.

W= P в /P c=(Р вл-Р с)/Р с, где W — влажность древесины, P в — вес воды, Р вл — вес влажной древесины, Р с — вес абсолютно сухой древесины.

Влажность древесины всегда определяется в процентах, и ее можно представить следующим образом: W= Pв/Pc х 100%.

Описанный способ определения влажности древесины является самым точным, и его часто используют в лабораторных испытаниях. Однако он не очень удобен, поскольку требует времени. Поэтому для определения влажности применяются другие, хотя и менее точные методы определения влажности древесины.

**Начальная и конечная влажность**

Только что срубленное дерево обладает максимальной влажностью, которая для различных пород может даже превышать 100%. Так, влажность свежесрубленной бальсы может достигать 600%.

На практике приходится иметь дело с меньшими значениями влажности (от 30 до 70%), ведь от рубки до распиливания и помещения древесины в сушилку проходит какое-то время, и она, конечно, теряет некоторое количество воды. За начальную влажность принимается то значение, которое древесина имеет перед отправкой в сушильную камеру. Конечная влажность — это влажность после полного цикла сушки.

**Удельная плотность**

Это вес абсолютно сухой древесины, отнесенный к объему, полученному после полной сушки.

Удельная плотность (П с) для различных пород дерева меняется от 130 кг/м 3 до 1300 кг/м 3.

Для практических целей древесные породы в зависимости от плотности делят на несколько групп: мягкие породы (П с< 450 кг/м 3), среднетвердые породы (450<П с<600 кг/м3), твердые породы (600<П с<кг/м 3) и очень твердые породы (П с>750 кг/м 3).

Загрузочный объем сушильной камеры может составлять от единиц до нескольких сотен кубических метров.

Рассмотрим процесс сушки древесины в установке среднего объема (100 м 3).

Предположим, что древесина, подлежащая сушке, имеет следующие характеристики: Wнач = 60%, Wкон = 10%, П с = 600 кг/м 3.

Из соотношения W = Pв/Pc получаем Pв = Pc х W, таким образом, Рв (начальное) = (600х60)/100 = 360 кг/м3, Рв (конечное) = (600 х 10)/100 = 60 кг/м3.

Разница Р в (начальное) — Р в (конечное) = 360-60 = 300 кг/м 3 — это вес воды, которую необходимо удалить из каждого кубического метра. В общей сложности получаем 300 кг/м 3х100 м 3 = 30000 кг или 30 т.

Предположим кроме того, что продолжительность сушки составит 10 дней. Это значит, что среднесуточное количество воды, которую требуется удалить, составляет 3 т.

Вода внутри древесины находится в двух различных состояниях.

Свободная вода заполняет капиллярные сосуды и межклеточные пустоты. Это большая часть воды, содержащаяся в древесине. Она первой удаляется из древесины. Процесс сушки протекает быстро, требует не очень высоких температур и определенной осторожности в отношении скорости сушки.

Связанная или конституционная вода содержится внутриклеточных мембран. Ее удаление происходит значительно труднее и требует более высоких температур. Кроме того, высушивание связанной воды приводит к изменениям геометрических размеров мембран и, соответственно, всего высушиваемого массива дерева.

Точка насыщения волокон — это влажность, при которой вся свободная влага удалена, и в древесине находится только связанная вода. Точка насыщения волокон меняется от породы к породе в диапазоне от 22% до 35%. В практических целях эту точку привязывают к среднему значению 28%.

Точка насыщения волокон очень важна при искусственной сушке древесины. Когда влажность древесины опускается ниже точки насыщения волокон, дальнейшая сушка приводит к тому, что клетки дерева в результате обезвоживания сжимаются.

На макроскопическом уровне древесина испытывает усадку, или уменьшение размеров. Такая усадка проявляется в большей степени в тангенциальном направлении (вдоль годовых колец), чем в радиальном (поперек). В среднем различие в усадке для большинства пород древесины составляет 1,7 раз.

В диапазоне влажности ниже точки насыщения волокон процесс сжатия частично обратим, то есть когда древесина отдает влагу, она сжимается, и наоборот, когда древесина вновь поглощает влагу, она разбухает.

**Гигроскопическое равновесие**

Древесина относится к гигроскопичным материалам, то есть обладает способностью изменять свою влажность с изменением состояния окружающей их среды.

Если древесину длительное время выдерживать в воздухе неизменного состояния, то ее влажность будет стремиться к определенной величине, называемой устойчивой, или равновесной влажностью. Устойчивой влажности древесина может достичь, поглощая водяные пары из воздуха (сорбция), либо выделяя их в воздух (десорбция). Водяные пары из воздуха могут поглощать только клеточные стенки. Появление свободной воды при этом невозможно, даже если воздух будет насыщен водяным паром.

Процессы сорбции и десорбции не вполне обратимы при одинаковом состоянии воздуха: устойчивая влажность при сорбции меньше, чем при десорбции. Разность между ними называется показателем гистерезиса сорбции. Его величина зависит в основном от размеров древесного образца. Древесные сортименты крупных сечений — бруски, доски, заготовки — имеют показатель гистерезиса 2,5. Для мелких древесных частиц (опилки, стружка) гистерезис очень невелик (0,2-0,3), и в практических расчетах его не учитывают. Устойчивую влажность измельченной древесины, практически одинаковую при сорбции и десорбции, называют равновесной влажностью. Свойства древесины тщательно изучены, в частности, исследовано гигроскопическое равновесие в различных климатических условиях. Ее величину при расчетах определяют по специальным таблицам или диаграммам.Чем больше размеры куска дерева, помещенного в данную среду, тем больше времени требуется для достижения гигроскопического равновесия. И наоборот, кусок дерева очень ограниченных размеров, например, шпон, значительно быстрее приспосабливается к окружающей среде.

В пределе, если мы имеем дело с пластинкой целлюлозы, которая воспроизводит структуру дерева, то она чрезвычайно быстро приходит в гигроскопическое равновесие с окружающей средой. В этот момент достаточно измерить влажность пластинки (теми же методами, которыми измеряется влажность древесины), чтобы узнать равновесную влажность древесины в окружающей среде, в которую помещена пластинка.

Теперь мы можем сопоставлять влажность древесины с температурой и относительной влажностью воздуха. Если эти параметры рассматривать во взаимосвязи, и их значения приводятся к равновесной влажности древесины, то возникает возможность сравнения между фактической влажностью дерева и климатическими условиями.

Таким образом, если нужно отобрать влагу у древесины с некоторым значением W, то окружающая среда, в которую помещена древесина, должна иметь значение равновесной влажности Wравн меньшее, чем значение W.

Чем больше разрыв между значениями W и Wравн, тем быстрее древесина будет отдавать влагу.

**Градиент (потенциал) сушки**

Соотношение между влажностью древесины W и равновесной влажностью древесины Wравн для данной окружающей среды, в которую помещена древесина, определяется как градиент (или потенциал) сушки.

Градиент = Wд/Wравн

Когда градиент равен 1, древесина находится в условиях гигроскопического равновесия и не поддается сушке. Для того, чтобы сушка началась, нужно, чтобы градиент был больше 1. Чем больше градиент, тем быстрее протекает процесс сушки. Однако при большом значении градиента невозможно обеспечить высокое качество, так как существует риск неравномерного распределения влаги в древесной массе, что приводит к напряжениям внутри древесины, которые могут вызывать ее разрушение.

Если влажность дерева W выше точки насыщения, процесс сушки происходит относительно легко, но нужно действовать с определенной осторожностью — градиент должен заключаться в диапазоне небольших значений.

Ниже точки насыщения процесс сушки протекает медленнее и с большими трудностями. Градиент должен иметь более высокие значения. Однако очень высокие значения градиента могут привести к деформациям и нежелательным дефектам.

Поэтому для правильной суш-ки градиент должен находиться в диапазоне небольших значений и принимать более низкие значения при сушке до достижения точки насыщения и более высокие после достижения точки насыщения волокон.

Сами значения градиента зависят от многих факторов, например, от толщины заготовок. В основном же они зависят от сорта древесины и ее способности к высушиванию. Таким образом, невозможно заранее установить или рассчитать пределы значений градиента для древесины вообще. Необходимо для каждой породы древесины и толщины доски экспериментальным путем подбирать пределы градиента, в которых следует работать.