

# Лекция №14

## **Основы технологии сушки керамического кирпича-сырца**

# ПЛАН ЛЕКЦИИ:

- Основные положения теории сушки керамического сырца.
- Критерии и методы оценки сушильных свойств формовочных масс.
- Процессы, протекающие при сушке керамических материалов.
- Механизм возникновения усадочных деформаций (искривления и трещины) в процессе сушки сырца.
- Режим сушки.

## Классификация принципов и методов обезвоживания

Принципы обезвоживания	Методы обезвоживания	Сущность метода обезвоживания	Технические способы обезвоживания
1	2	3	4
Без изменения агрегатного состояния влаги	Механическое обезвоживание	Удаление жидкости с преодолением гидравлического сопротивления твердого скелета тела и механической связи между жидкой и твердой фазой	А) прессование Б) центрифугирование В) фильтрация
-//-	Контактный массообмен	Перемещение жидкости из массы большим потенциалом переноса влаги тела с меньшим потенциалом переноса	Контакт влажных материалов с гигроскопическими веществами, имеющими более низкий потенциал переноса влаги
С изменениями агрегатного состояния влаги	Тепловое обезвоживание	Перевод жидкости в парообразное состояние и перенос пара в окружающую среду	А) испарение – тепловая сушка твердых и жидких материалов Б) выпаривание жидкости в растворах и в твердых материалах (при прогреве в массе)
-//-	-//-	Перевод пара в жидкое агрегатное состояние	Конденсация – осушение влажных газов при охлажденных ниже точки росы

1	2	3	4
Комбинированное обезвоживание	Тепловое обезвоживание при резком изменении давления окружающей среды	<p>А) превращение жидкости в пар и перенос пара в окружающую среду, в которой создается повышенное давление при следующем резком снижении давления. В массе материала происходит весьма интенсивное парообразование за счет тепла, аккумулированного в материале и подводимого извне</p> <p>Б) частичное удаление влаги в виде жидкости при преодолении гидравлического сопротивления твердого тела за счет разности давления внутри тела и окружающей среды</p>	Циклический нагрев влажного материала в герметичной камере при повышенном давлении за счет пара, выделяющегося из материала, чередующийся с выпуском пара из камеры, вызывающем пониженное давление

- Обязательной промежуточной операцией технологического процесса производства керамических изделий по пластическому способу является сушка.
- Если же сырец, имеющий высокую влажность, сразу после формования подвергнуть обжигу, то он растрескивается.
- Сушка сырца – процесс удаления влаги из материалов
- Основой сушки является перенос и затрата энергии на перевод влаги материала в парообразное состояние
- Как известно, существует два вида сушки керамического сырца: естественная и искусственная.
- Естественная сушка длится от 2-х до 20 суток, искусственная – от 10-30 мин до 48 часов
- При естественной сушке сырец высушивается под действием атмосферного воздуха.
- Этот вид сушки не отвечает современному уровню развития техники и поэтому в керамической промышленности заменяется искусственной сушкой.

- 
- Методы тепловой (искусственной) сушки классифицируют по энергетическому признаку, т.е. по методу сообщения тепла материалу на:
    - конвективную
    - радиационную (сушка термоизлучателями)
    - кондуктивную
    - в энергетическом поле высокой частоты (диэлектрическая сушка)
    - комбинированную:
      1. кондуктивно-конвективную циклическую;
      2. радиационно-конвективную
  
  - Наиболее распространены конвективный и радиационный способы сушки
  
  - При конвективной сушке теплоноситель (дымовые газы, горячий воздух) омывает изделия и передает им тепло, при радиационной – изделия воспринимают тепло от нагретых поверхностей
  
  - При сушке сырца искусственным способом основным источником тепла для сушки является тепло зоны охлаждения туннельных печей, дополнительным источником тепла являются продукты сгорания в теплогенераторе, где сжигается природный газ.
  
  - Искусственную сушку производят в сушилах периодического действия - камерных сушилах или непрерывного действия - туннельных сушилах.
-

- 
- Предварительный процесс сушки проходят керамические изделия, отформованные пластическим или литым способом
  - Сырец высушивается до остаточной влажности 5-8 %
  - При такой влажности изделий уменьшается их объем (воздушная усадка) за счет уменьшения толщины гидратных оболочек глинистых частиц, сырец приобретает необходимую механическую прочность для погрузки на обжиговые вагонетки или для многорядной садки на поду в печи, а также допускает быстрый подъем температуры при обжиге, что ведет к ускорению процесса обжига
  - Схематично процесс сушки можно представить следующим образом: теплоноситель, омывая изделие, поглощает с его поверхности влагу (внешняя диффузия)
-

- Процесс сушки включает в себя три фазы:
  1. Перемещение влаги внутри материала
  2. Парообразование
  3. Перемещение водяных паров с поверхности материала в окружающую среду
  
- Процесс сушки представляет собой комплекс явлений, связанных с тепло- и массообменом между материалом и окружающей средой и характеризуется следующими факторами:
  - - скоростью перемещения влаги внутри материала
  - - скоростью влагоотдачи материала в окружающую среду
  - - усадочными напряжениями, обусловленными неравномерным распределением влажности внутри материала
  
- В результате сушки происходит перемещение влаги из внутренней части изделий на поверхность и испарение ее.
- Одновременно с удалением влаги частицы материала сближаются и происходит усадка.
  
- Уменьшение объема глиняных изделий при сушке происходит до определенного предела, несмотря на то, что вода к этому моменту ~~полностью еще не испарилась.~~

- 
- При сушке изделий из них сначала удаляется свободная вода, а затем связанная
  - При испарении молекулы воды вырываются из окружения соседних молекул и переходят в воздушную среду
  - Испарение теплой влаги идет интенсивнее, чем холодной
  - При наличии градиента влажности влага будет перемещаться из зон более влажных к менее влажным, а при наличии температурного градиента – влага стремится переместиться из зон более нагретых к менее нагретым
  - Поэтому, если масса предварительно прогрета, то испарение и, следовательно, процесс сушки будут идти более интенсивно
  - Влага перемещается также вследствие развития ее концентрации и действия капиллярных сил
  - Удаление влаги с поверхности происходит за счет испарения, а к поверхности влага поступает из центральных зон изделия за счет диффузии
-

- 
- Процесс испарения влаги и удаления влаги с поверхности изделия называют **внешней диффузией**.
  - Скорость внешней диффузии зависит от температуры, скорости перемещения и влажности теплоносителя:
  - чем больше температура теплоносителя и скорость и меньше влажность теплоносителя, тем больше внешняя диффузия, т.е. чем выше температура, тем быстрее влага перемещается в воздушную среду
  - По мере удаления влаги с поверхности и прогрева изделия из глубины его к поверхности по капиллярам поступают новые порции влаги – внутренняя диффузия, скорость которой зависит от влагопроводности материала, температуры влаги в материале и перепадов влажности между поверхностью и внутренними слоями изделия
  - Скорость внешней диффузии регулируют изменением температуры, количества и относительной влажности среды – теплоносителя, а внутренней диффузии – улучшением сушильных свойств массы
  - Для того, чтобы процесс сушки шел успешно, необходимо, чтобы скорости внешней и внутренней диффузии были одинаковыми
-

- При быстром снятии влаги с поверхности сырца внутри него создается влажное ядро, в результате чего поверхностные слои начинают испытывать растягивающие изделия, и в том случае, когда эти усилия превышают прочность материала, в нем возникают трещины.
- В процессе сушки изделия из глины дают усадку.
- Механизм этого явления — сжатие частичек капиллярными силами.
- Влага, заполняя поры образца из глиняного теста, образует на границе «изделие — воздух» вогнутые мениски.
- По мере испарения влаги поверхностное натяжение в капиллярах увеличивается и сжимает изделие.
- Усадка изделия происходит до определенного предела — пока частицы не придут во взаимное соприкосновение, которое сопровождается трением между ними.
- Когда трение достигает такой величины, которая превосходит силы поверхностного натяжения влаги, дальнейшее уменьшение размеров изделия прекращается, хотя в глине удерживается определенное количество воды (вода пор), условно соответствующее критической влажности материалов.
- После этого испарение влаги продолжается за счет отступления менисков по капиллярам в глубь материала.

**Процесс сушки делится на 3 периода:** нагрева изделий, постоянной скорости сушки и замедленной скорости сушки

- **На первой стадии сушки** происходит удаление воды в объеме равном величине изменения объема сырца, за счет чего происходит интенсивная усадка.
  - Такая вода называется усадочной.
  - Поры на этой стадии пока не образуются, т.е. вода из них не удаляется .
  - В этот период тепло, подводимое к материалу, расходуется на подогрев изделия от начальной температуры до температуры теплоносителя.
  - Влажность изделий уменьшается незначительно
- **На второй стадии** влага, поступающая из внутренних слоев, испаряется с поверхности изделий.
  - Объем удаляющейся воды превышает величину объема, на которую уменьшается сырец.
  - Это происходит вследствие того, что наряду с усадочной водой начала удаляться и вода из пор – поровая вода.
  - Скорость сушки в этот период остается постоянной до тех пор, пока влажность на поверхности изделий начнет уменьшаться.
  - Этот период сушки характеризуется примерно постоянным уменьшением массы изделия в единицу времени

- 
- **На третьей стадии** объем удаляющейся воды соответствует объему образующихся пор, т.е. происходит удаление только поровой воды, а объем сырца при этом остается практически постоянным.
  - В этот период постепенно уменьшается масса до минимального остаточного количества.
  - Этой стадии соответствует состояние критической влажности массы и окончание воздушной усадки, которая характеризуется также непрерывным снижением скорости сушки
  - Конец третьего периода характеризуется равновесной влажностью, т.е. влажностью, при которой прекращает уменьшаться масса изделия и скорость сушки равна нулю
  - В дальнейшем нет опасности появления трещин вследствие неравномерной усадки, и поэтому сушка может идти при более высоких температурах и при пониженной относительной влажности теплоносителя
-