

**ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ ЖАНА АРХИТЕКТУРА**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХИТЕКТУРА**  
**TECHNICAL SCIENCES AND ARCHITECTURE**

*Салиева М.Г.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗОЛОКЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА**

*Салиева М.Г.*

**ЗОЛОКЕРАМИКАЛЫК КИРПИЧТИН КУРГАТУУ ПРОЦЕССИН ИЗИЛДӨӨ**

*M.G. Salieva*

**STUDY OF THE DRYING PROCESS ASHCERAMIC BRICKS**

УДК: 691(075.8)

*В этой статье рассматривается роль сушки определяющих качество продукции и технико-экономические показатели процесса в целом, для получения керамического кирпича и определение коэффициентов тепла и массоотдачи при сушке.*

**Ключевые слова:** кирпич, сушка, производство, технология.

*Бул статьяда керамикалык кирпичти алууда продукциянын сапатын, процесс учурундагы бардык техника экономикалык көрсөткүчтөрүн аныктоодо кургатуунун ролу жана кургатуу учурунда жылуулук жана масса берүү коэффициенти аныктоо каралган.*

**Негизги сөздөр:** кирпич, кургатуу, өндүрүш, технология.

*This article examines the role of drying defining product quality and technical and economic indicators of the process in general, to obtain a ceramic brick and the determination of the coefficients of heat and mass transfer during drying.*

**Key words:** brick, drying technology production.

Резкий рост стоимости энергоносителей и сырья, истощение наиболее крупных и легкодоступных месторождений сырья для производства строительных материалов выдвигают на первый план проблему разработки новых ресурсо- и энергосберегающих технологий и использование вторичных минерально-сырьевых ресурсов. С целью повышения их экономичности и качества, способствуют развитию новых технологий и модернизации оборудования. Это направлено на использование природного сырья, на экономию электроэнергии, и охрана окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость поиска новых дешевых сырьевых источников для производства стеновых керамических изделий. Для этих целей наибольший интерес представляют золошлаковые смеси и зола гидроудаления теплоэлектростанций. Минеральная их часть по химическому и минералогическому составу близка к глинистому сырью, а органическая – позволяет использовать их в качестве топливного компонента шихты, что значительно сокращает расход топлива на обжиг изделий, уменьшает расход исходного сырья и

оздоравливает экологическую обстановку в районах золоотвалов.

Одним из важнейших этапов технологического процесса получения керамического кирпича является сушка, в значительной мере определяющая конечное состояние продукта. При возрастающих объемах производства строительных материалов возрастает и роль сушки как технологического процесса.

Различают сушильные устройства для естественной и искусственной сушки сырца. В первом случае сырец высушивается атмосферным воздухом за счет солнечного тепла в летнее время, во втором – за счет тепла, получаемого от сгорания топлива. Преимущество искусственной сушки перед естественной в том, что она дает возможность заводам работать круглый год, а не только в течение летнего сезона. При этом не только улучшается использование технологического оборудования, но на заводе создаются постоянные кадры квалифицированных рабочих. Кроме того, искусственная сушка значительно менее трудоемка, чем естественная. Задача организованного процесса сушки состоит в подводе энергии (тепловой или электрической) к высушиваемому изделию с наименьшими потерями и в наименьшие сроки, допустимые для целостности изделия.

В зависимости от способа подвода теплоты к влажным материалам их специфических особенностей в промышленности; применяют следующие основные методы сушки: конвективная, контактная, сушка инфракрасными лучами, перегретыми паром, токами промышленной, высокой и сверхвысокой частоты, а также различные комбинированные способы сушки [1-3].

Большинство современных кирпичных заводов оборудовано устройствами для искусственной сушки кирпича-сырца, которые по режиму работы подразделяются на сушилки периодического (камерные) и непрерывного(туннельные)действия.

Сушилки непрерывного действия (туннельные) являются наиболее современным сушильным агрегатом в кирпичной промышленности. В туннельной сушилке кирпич-сырец, находящийся в вагонетках, в течение цикла сушки перемещается через весь

туннель от одного его конца к другому. Срок сушки кирпича-сырца, изготовленного из парувлаженной массы, сокращается примерно на 30%. Расход тепла на сушку кирпича-сырца в туннельных сушилках ниже, чем в камерных.

Существенным преимуществом туннельных сушилок перед камерными является то, что туннельные могут быть оснащены аппаратурой, обеспечивающей автоматическое регулирование процесса сушки. Продолжительность процесса сушки и качество высушенного кирпича-сырца в значительной степени зависят от плотности и системы садки сырца на сушильных вагонетках. Необходимо обеспечить равномерность умывания теплоносителем сырца и получение надлежащей температуры и относительной влажности теплоносителя в различных частях сушилки. Недостаток туннельных сушилок в том, что в них наблюдается расслоение теплоносителя и более интенсивная сушка сырца на верхних полках. Устранение расслоения и равномерная сушка сырца по высоте туннеля достигаются перемешиванием теплоносителя в туннеле путем устройства воздушных завес за счет дополнительной подачи воздуха сверху в отдельных местах туннеля струйками с большой скоростью.

Процесс сушки начинается при создании разности давлений паров влаги над поверхностью тела и в окружающей среде и разности температур, обеспечивающий подвод теплоты, необходимый для изменения агрегатного состояния влаги. При этом температура тела повышается лишь до определённой величины, зависящей от температуры среды и парциального давления паров. Эта температура остаётся практически неизменной, пока испарение влаги происходит с поверхности тела, и не ограничивается интенсивностью подвода влаги из глубинных слоёв.

На практике в большинстве случаев при сушке капиллярно – пористых коллоидных тел можно выявить момент начала углубления зоны испарения, весьма важный для разработки и осуществления методов ускоренной сушки материалов. Начиная с этого момента, более интенсивно повышается температура поверхностных слоев материала, существенно замедляется удаление влаги и, самое главное, появляются поверхностные слои пересушенного материала, имеющие повышенную температуру.

В период убывающей скорости сушки при испарении влаги с поверхности материала в большинстве случаев нет опасности значительного повышения температуры материала, пересушки его поверхности

слоев и ухудшения их качества. В это время целесообразно продолжать интенсивно подводить теплоту к материалу, что ускоряет процесс без ухудшения качества материала.

При сушке капиллярно-пористых тел наблюдается постепенное углубление зоны испарения внутрь тела. Как было ранее отмечено, температура поверхностей золокерамического кирпича непрерывно возрастает. При этом постоянно уменьшается доля свободной поверхности испарения. Возрастает влияние внутри диффузного сопротивления переносу влаги внутри материала. После прогрева материала лобовая часть образца и верхняя его грань обезвоживается. Влажность этих поверхностей становится меньше гигроскопической и интенсивность сушки падает. Толщина высохшей части поверхностей различна: на лобовой грани толщина высохшего черепка больше, чем в кормовой и боковых гранях, что свидетельствует более интенсивный рост температуры лобовой грани кирпича.

Углубление зоны испарения можно рассчитать по выражению:

$$h = b \cdot \left( 1 - \frac{U_i}{U_n} \right), \quad (1)$$

где  $U_n, U_i$  начальное и текущее влагосодержание образца, кг/кг;

$b$  - приведенная толщина тела, м;  $V$  - объем параллелепипеда, м<sup>3</sup>;

$F$  – поверхность тела, м<sup>2</sup>.

Рисунок 1 иллюстрирует изменение приведенной толщины высохшего черепка от влагосодержания образца ( $U_n = 0,353$  кг/кг, содержание золы 37,5%; эквивалентный диаметр золы  $d_{эКВ} = 28$  мкм). Следует отметить, что изменение углубления зоны испарения во времени для образцов с различным количественным составом зола - глина будет различным, так как на процесс сушки оказывает влияние как количество золы в шихте, так и ее эквивалентный диаметр.

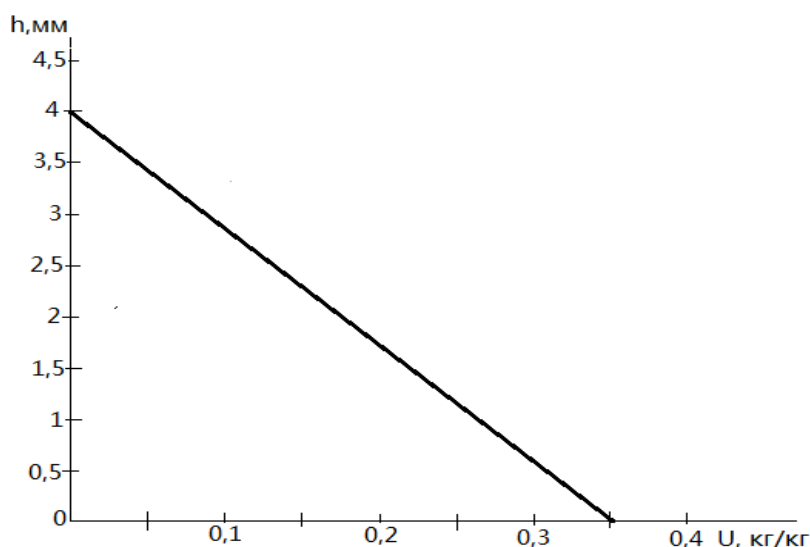


Рис. 1. Углубление осреднённой зоны испарения в зависимости от влагосодержания образца. Количество золы-37,5%;  $d_3=13-28$  мкм;  $t_r=150^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к высушиваемому образцу рассчитывался из теплового баланса I - той зоны кривой сушки и температурной кривой:

$$\alpha \cdot F \cdot (t_r - t_{cp}^M) \Delta \tau = m \cdot c \Delta t + m \cdot \Delta U \cdot r \quad (2)$$

где:  $m$  - масса абсолютно сухого образца, кг;

$\Delta U$  - изменение влагосодержания образца на шаге расчета, кг/кг;

$r$  - удельная теплота парообразования, Дж/кг;

$c$  - теплоемкость материала, Дж/кг\*К;

$t_r, t_{cp}^M$  - температура теплоносителя и средняя температура материала,  $^\circ\text{C}$ ;

$t = t_{ki} - t_i$  - изменение средней температуры образца на шаге расчета,  $^\circ\text{C}$ ;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·К.

Экспериментальные данные были обработаны на ПЭВМ в виде критериального уравнения с учетом углубления зоны испарения [10].

$$N_U = 0,65 R_e^{0,5} (1 + 1,55 \cdot 10^{-4} R_e)^{0,25} (1 - \frac{h}{b})^{0,58} \quad (3)$$

где:  $R_e = \frac{W d_3 \rho}{\mu}$ , - критерий Рейнольдса;  $N_e = \alpha d_3 / \lambda$  - критерий Нуссельта;  $\rho, \mu, \lambda$  - плотность, вязкость, теплопроводность сушильного агента;

$d_3 = \frac{4F}{\Pi}$  - определяющий размер, F- поверхность лобовой плоскости образца, м;  $\Pi$  - смоченный периметр лобовой плоскости образца, м;  $\omega$  - скорость сушильного агента, м/с;  $h$  - приведенная глубина зоны испарения, м;  $b$  - приведенная толщина образца, м.

Коэффициент массоотдачи рассчитывался по уравнению:

$$S_h = 0,722 R_e^{0,5} (1 + 1,43 \cdot 10^{-4} R_e)^{0,25} (1 - \frac{h}{b})^{0,845} \quad (4)$$

где:  $S_h = \frac{\beta d_3}{D}$  - шаг расчета, сек;  $x_{cp}$  - движущая сила процесса сушки, кг/кг; F - поверхность образца, м<sup>2</sup>;  $\rho$  - коэффициент массоотдачи, м/с.

Полученные значения коэффициента массоотдачи обработаны в виде критериального уравнения с учетом углубления зоны испарения:

$$S_h = 0,722 R_e^{0,5} (1 + 1,43 \cdot 10^{-4} R_e)^{0,25} (1 - \frac{h}{b})^{0,845} \quad (5)$$

$S_a = \frac{\beta d_s}{D}$  – критерий Шервуда.  $D$ - коэффициент диффузии водяного пара в воздухе  $m^2/c$ .

Изменение коэффициентов тепло- и массоотдачи при сушке шихты различного состава представлены на рисунке 1. Значения коэффициентов тепло- и массоотдачи монотонно убывают с уменьшением влагосодержания образцов. Характер этих изменений зависит от количества введенной в шихту золы и ее эквивалентного размера.

**Литература:**

1. Лыков А.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968. - 472с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987. - 496с.
3. Лебедев П.Д. Теплообменные сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1966. - 476с.
4. Жучков П.А. Процессы сушки в целлюлозно-бумажном производстве. - М.: Лесная промышленность, 1965. - 252с.
5. Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии / Романков П.Г., Рашковская Н.Б., Фролов В.Ф. - Л.: Химия, 1975. - 336с.
6. Ольшанский А. К. Приближенные методы расчета кривой скорости сушки // Тепло- и массообмен в сушильных и термических процессах: Сб. статей - Минск, 1971-е 200- 211.
7. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массообмена. - М - Л.: Госэнергоиздат, 1963.-534с.
8. Куц П.С., Ольшанский А.К., Шкляр В.Я. Обобщенное уравнение температурной кривой процесса конвективной сушки влажных материалов 7// ИФЖ. - 1989. - т.57№4. - с.627 -631.
9. Куц П.С., Шкляр В.Я., Ольшанский А.К. Метод расчета процесса конвективной сушки влажных материалов // ИФЖ. - 1986. - т.51, №1. - с.99 - 104.
10. Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. - М. - Л.: Госэнергоиздат, 1956. - 464с.
11. Лыков А.В. О системе дифференциальных уравнений тепломассопереноса в капиллярно-пористых телах // ИФЖ. - 1974, т.26, №1. - с.18 - 25.
12. Федосов С.В., Кисельников В.Н., Шертаев Т.У. Применение методов теории теплопроводности для моделирования процессов конвективной сушки. - Алма-Ата: Гылым, 1992. - 167с.

**Рецензент: к.т.н., профессор Жаныбеков М.**