

Секция «Новые материалы и перспективные технологии обработки материалов»

Теорема, обычно состоит из условия и заключения (от греч. рассматриваю). Например: если (условие) в треугольнике один из углов прямой, то (заключение) два других – острые.

Очевидно, что уравнение $\operatorname{div} \vec{D} = \rho$, представляющее закон Гаусса, в понятие теоремы не вписывается. Более того, это уравнение, как и уравнение Кулона, описывающее взаимодействие электрических зарядов, представляют один закон, выраженный в разных формах.

Особенно ярко проявляется неграмотность в представлении закона Гаусса, как теоремы, при рассмотрении уравнений Максвелла. Система этих уравнений состоит из закона Фарадея, закона сохранения потока, закона полного тока и, естественно, закона Гаусса, но не теоремы Гаусса:

$$\operatorname{Div} \vec{D} = \rho \text{ или } \operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0 \epsilon} \leftarrow \text{Закон Гаусса (уравнение Максвелла)}.$$

$$\int \vec{D} d\vec{S} = \int \rho dV \leftarrow \text{Интегральная форма закона Гаусса.} \quad (6)$$

Обучение любой специальности начинают с освоения культуры речи будущего специалиста, поэтому в заключение необходимо обратить особое внимание на требование грамотно произносить символы, описывающие физические параметры. Имеется в виду, что если при чтении формулы одну букву произносят в латинской транскрипции, то и остальные обозначения параметров следует озвучивать по латыни. Например, выражение (1) должно звучать – «Бе равно мю на аш».

УДК 621.5

Кохнюк В.Н.

ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь*

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Иванов И.А.

В работе изучены технологические особенности вакуумной сушки огнеупорных крупногабаритных хромоксидных изделий. Показано, что при вакуумной сушке с периодическими сбросами давления возможно достичь любой относительной влажности подлежащего сушке материала.

Крупногабаритные хромоксидные блоки формируются методом вакуумного вибролитья из тонкодисперсного порошка с размером частиц менее 10 мкм. Массовая доля влаги в отформованном пористом сырье составляет 7..9%. Перед обжигом сырец необходимо высушить до влажности

не выше 0,5%. Сушка пористого сырца огнеупоров является энергоемкой и продолжительной. Нагревание крупногабаритных изделий до температур более 373°K, с целью интенсификации процесса сушки приводит к вскипанию связующего вещества внутри изделия. Изделие растрескивается и теряет свою прочность, происходит разложение органической связки. Более низкая температура сушки ($T < 373^{\circ}\text{K}$) является не эффективной.

Среди известных методов сушки огнеупорных изделий наибольшее распространение получили: микроволновая сушка; сушка токами высокой частоты; сушка объемными тлеющими разрядами; сушка нагретым воздухом; сушка газом; сушка перегретым паром; сушка в вакууме.

Целью данной работы является изучение технологических особенностей вакуумной сушки огнеупорных крупногабаритных хромоксидных изделий.

Большинство из указанных методов энергоемкие, с низким КПД, большой продолжительностью сушки и требуют сложного оборудования. Перспективным энергосберегающим способом удаления влаги из различных огнеупорных материалов является сушка в вакууме.

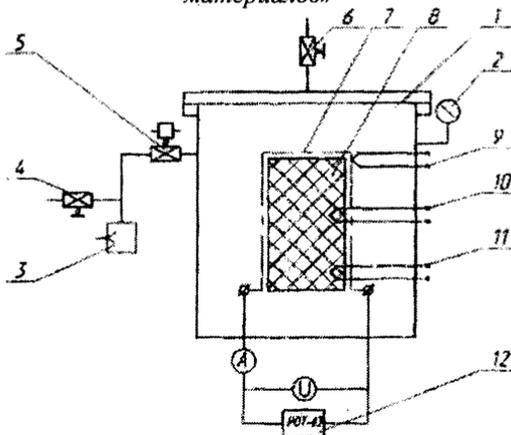
Предлагаемый способ сушки осуществляется следующим образом. Блоки загружают в камеру. Затем установку-камеру и пароконденсаторы вакуумируют до давления 0,05 атм. Подают пар давлением не более 1,5 атм в наружные обогревательные рубашки камеры, а затем непосредственно в камеру с блоками. При этом включают осевые вентиляторы, обеспечивающие циркуляцию пара вокруг блоков.

Пароконденсаторы во время прогрева блоков отсечены от сушильной камеры и охлаждаются водой. При достижении заданной температуры прекращают подачу пара в камеру (в обогревательные наружные рубашки камеры пар подается) и производят сброс давления в камере до 0,10-0,15 атм путем подачи пара из камеры в пароконденсаторы.

В процессе сушки из блоков выделяются не конденсирующиеся при температуре охлаждающей воды вещества. Следовательно давление в камере и пароконденсаторах постепенно возрастает от 0,10..0,15 до 0,4..0,5 атм.

При достижении давления 0,4..0,5 атм автоматически включается вакуумный насос и производится сброс давления в камере до 0,10..0,15 атм. Весь последующий процесс сушки проводится под давлением пара в камере 0,10..0,5 атм с периодическими сбросами давления в камере от 0,4..0,5 до 0,10..0,15 атм. Перегретый пар непрерывно циркулирует через штабель (работают вентиляторы в камере) и вдоль внутренней поверхности стенки камеры, наружная поверхность которой через прогревательную рубашку обогревается паром с температурой 100..105°С.

Схема вакуумной сушильной установки приведена на рис. 1.



1 – вакуумная камера; 2 – электроконтактный мановакуумметр; 3 – вакуумный водокольцевой насос с эжектором; 4, 5, 6 – запорная вакуумная арматура; 7 – электрический нагреватель; 8 – хромоксидный блок; 9, 10, 11 – термопары; 12 – регулятор переменного тока

Рисунок 1 – Схема вакуумной сушильной установки

Кинетика сушки сырца хромоксидных изделий при атмосферном давлении в электрическом сушильном агрегате представлена на рис. 2 [1].

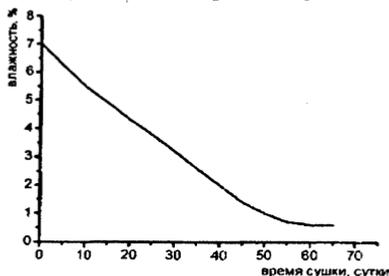
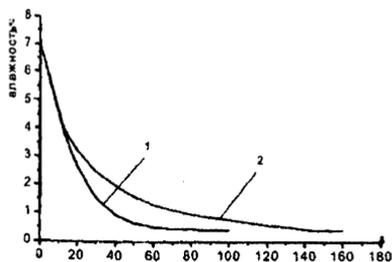


Рисунок 2 – Кинетика сушки сырца крупногабаритных хромоксидных огнеупорных изделий при атмосферном давлении в электрическом сушильном агрегате

Из рис. 2 видно, что период сушки при атмосферном давлении состоит из нескольких этапов. На первом этапе, длящемся 10 суток, происходит удаление влаги из высушиваемого материала со скоростью 0,15% в сутки. Следующие 10...45 суток сушка сырца проходит более медленно с постоянной скоростью 0,12% в сутки. В период с 45 по 60 суток процесс сушки замедляется и средняя остаточная массовая доля влаги в сырце достигает 0,6%.

Кинетика сушки пористого сырца крупногабаритных вибролитых хромоксидных изделий в вакуумной сушильной установке представлена на рис. 3 [1].



1 – дискретный режим; 2 – непрерывный режим

Рисунок 3 – Кинетика вакуумной сушки сырца крупногабаритных хромоксидных огнеупорных изделий

Из рис. 3 видно, что более интенсивная сушка изделия происходит при дискретном режиме (кривая 1). Меньше влаги удаляется из высушиваемого материала, при непрерывном режиме сушки (кривая 2). В начальный период сушки образцы теряют до 3% влажности при обоих режимах. При дальнейшем процессе сушка сырца проходит более медленно и составляет 2,0% для режима 1 и 1,2% для режима 2. Затем процесс сушки замедляется и достигает постоянной остаточной массовой доли влаги в сырце, равной 0,4% при обоих режимах. Продолжительность сушки без учета перерывов в дискретном режиме составила 84 ч, а при непрерывном режиме – 144 ч.

Выводы: 1) К вакуумной сушке с периодическими сбросами давления выделяющихся при сушке неконденсирующихся веществ (стравливание воздухом или паром не производится) добавляется фактор конвективной сушки в среде перегретого пара. Степень перегрева пара можно изменять от 0 до 60°C, что позволяет достичь любой относительной влажности подлежащего сушке материала.

2) Во время сушки на поверхности изделия образуется высохший слой. Если сушку приостановить, то влага, которая осталась в высушиваемом изделии, равномерно распределяется по всему объему и увлажняет высохший поверхностный слой. В увлажненном поверхностном слое количество пор увеличится, и в последующем. Из пористого изделия в процессе сушки удаляться влага будет интенсивно до тех пор, пока поверхностный слой снова не высохнет, а количество пор в этом слое не уменьшится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутовой, В.А. Технология вакуумной сушки сырца крупногабаритных огнеупорных изделий / В.А. Кутовой [и др.] // Вакуумная техника и технология. Том 18. № 3. 2008. С. 173-174.

Секция «Новые материалы и перспективные технологии обработки материалов»

2. Пат. 2044238 Россия, МПК6 F 26 В 5/04. Способ вакуумной сушки пористых материалов: пат. 2044238 Россия, МПК6 F 26 В 5/04 / СМ. Кошелев, М.В. Михайлов, В.В. Черемисинов, А.С. Шуляков (Россия); Ангарский электролизный химический комбинат. №5021510/06; Заявл. 10.01.92; Оpubл. 20.09.95, Бюл. № 26. – 3 с.

3. Пат. 2119729 Россия, МПК6 Н 05 В 3/74, F 26 В 3/ 20. Плоский гибкий электронагреватель: Пат. 2119729 Россия, МПК6 Н 05 В 3/74, F 26 В 3/20 / А.Н. Ермилов, М.Е. Казаков, Д.Н. Новичков и др. (Россия); Ермилов Артур Николаевич. — № 96113524/06; Заявл. 25.06.96; Оpubл. 27.09.98. – 1 с.

УДК 621.5.053

Лыхненко М.С.

ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА В ВАКУУМЕ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь*

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Боженков В.В.

Нагрев изделия в вакууме далеко не простая задача. Не все известные методы нагрева можно использовать в вакууме, например, нагрев газовой горелкой или нагретым воздухом или горячим воздухом совершенно неприемлемо в условиях вакуума. На сегодняшний день существуют следующие нагревы в вакууме: резистивный, теплопередачи от нагретого теплоносителя, лазерное излучение, инфракрасное излучение. Поговорим немного о каждом из них. Теплопередачей называют теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку или через поверхность раздела между ними. Количество теплоты, переданное через изотермическую поверхность в единицу времени, называют тепловым потоком и измеряют в Вт (Дж/с). Тепловым излучением называют перенос теплоты в виде электромагнитных волн с двойным взаимным превращением: тепловой энергии в лучистую на поверхности тела, излучающего теплоту, и лучистой энергии в тепловую на поверхности тела, поглощающего лучистую теплоту.

Лазерное излучение (действие на вещество). Высокая мощность Лазерное излучение в сочетании с высокой направленностью позволяет получать с помощью фокусировки световые потоки огромной интенсивности. Нагрев электропроводящего тела, обладающего высоким электрическим сопротивлением при прохождении через него электрического тока, называют резистивным. При этом, как правило, используют переменный ток.

Достоинства резистивного нагрева – высокий КПД, низкая стоимость оборудования, безопасность в работе (низкое напряжение на зажимах) и