

# ТРУБЧАТАЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЬ

Лабораторные электропечи, в которых нагревательная камера выполнена в виде трубы, называются *трубчатыми*. Они предназначены для проведения: нагрева, обжига, прокалики небольших количеств веществ чаще всего в специальных лодочках. Такие электропечи могут использоваться для разных целей, а поэтому являются универсальными. Кроме универсальных - имеется так же целый ряд специальных трубчатых электропечей, предназначенных для проведения только определенных процессов или анализов.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Трубчатые электропечи общего назначения являются универсальными, поэтому используются при проведении различных испытаний и исследований в воздушной атмосфере. Для нагрева образцов до заданной температуры используется рабочая камера в виде проходной керамической трубы. Внутренний (рабочий) диаметр рабочей трубы может быть разным и указывается в технических характеристиках электропечи.



Рис.1. Печь трубчатая лабораторная

Рабочая труба проходит по оси камеры нагрева, имеющей прямоугольное сечение. В углах камеры нагрева параллельно рабочей трубе расположены четыре нагревателя на керамических трубках. Нагреватели изготовлены из проволоки в виде спиралей, надетых на керамические трубки. Трубки фиксируются в футеровке и являются несущими элементами для спиралей. Неравномерная намотка спиралей повышает равномерность нагрева рабочей трубы по её длине.

Проволочные нагреватели в виде спиралей применяются в электропечах с максимальной температурой до 1200°C. Для повышения равномерности нагрева образцов, снижения теплотерь отверстия в рабочих трубах закрываются теплоизоляционными пробками.

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Для нагрева рабочей камеры трубчатых электропечей до температуры 1300-1350°C используются стержневые карбидкремниевые (SiC) нагреватели. Рабочая труба электропечи проходит по оси прямоугольной камеры нагрева. Вдоль боковых стенок камеры нагрева вертикально (реже горизонтально) устанавливаются стержневые карбидкремниевые нагреватели.



Рис.2. Печь трубчатая высокотемпературная

Стержневые нагреватели имеют среднюю рабочую зону нагрева и утолщенные выводы, которые проходят через футеровку и подключаются к наружным токоподводящим хомутам. Нагреватели, расположенные горизонтально, опираются выводами на футеровку. Нагреватели, установленные вертикально, проходят через футеровку и опираются нижним выводом на изоляционную опору.

Нагрев еще до более высоких температур (до 1600°C) возможен в электропечах со стержневыми хромитлантановыми нагревателями (LaCrO), которые устанавливаются только вертикально, по боковым стенкам рабочей камеры. Хромитлантановые нагреватели устанавливаются нижним выводом на изоляционную опору, а за верхний - подвешиваются на коромысле. С другого конца коромысла подвешивается груз (противовес), который обеспечивает частичную разгрузку нагревателя. Это необходимо для исключения деформации нагревателей при столь высоких температурах.

Электропечи с хромитлантановыми нагревателями оснащаются термоконтроллерами со специальной функцией ограничения максимально допустимой скорости нагрева и охлаждения, которая не позволяет ошибочно установить недопустимый режим нагрева или охлаждения.

В высокотемпературных трубчатых электропечах используется, как правило, волокнистая многослойная теплоизоляция с разной предельной рабочей температурой каждого слоя. Такие электропечи, как правило, более дорогие, более сложные в эксплуатации, а поэтому используются, когда нужны очень высокие температуры.



Рис.3. Печь трубчатая с контролируемой атмосферой

## ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ АТМОСФЕРОЙ

Электропечи трубчатые с контролируемой атмосферой предназначены для проведения нагрева и испытания образцов в рабочей камере в виде проходной керамической трубы в контролируемой атмосфере (инертные газы, азот, кислород).

В электропечах с рабочей температурой до 1200°C нагрев производится проволочными нагревателями в виде спиралей. Для нагрева до 1350°C используются стержневые карбидкремниевые (SiC) нагреватели.

На концах рабочей трубы герметично закреплены узлы ввода и вывода газа, совмещенные с отверстиями загрузки и выгрузки образцов.

Печи комплектуются газорегулирующим оборудованием (ротаметр, барботер, соединительные газовые шланги), которое смонтировано в отдельном блоке. Для удобства работы блок газорегулирования крепится на боковой стенке электропечи.

## РАЗЪЕМНЫЕ ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Разъемные электропечи предназначены для нагрева образцов до заданной температуры при проведении различных испытаний или исследований, требующих вертикального или горизонтального расположения зоны нагрева.

Разъемная конструкция зоны нагрева, позволяет использовать печи в различных испытательных стендах и устанавливать трубы или реторты с присоединенными кабелями, трубками или шлангами, кото-

рые нельзя или сложно отключать от приборов или оборудования стенда.

Электropечи выпускаются с горизонтальным или с вертикальным разъемом. Конструкция электropечей имеет два сварных каркаса, шарнирно закрепленных на оси, что позволяет у печей с горизонтальным разъемом поднимать верхнюю половину печи, а у печей с вертикальным разъемом разводить половинки в стороны не разбирая печь. Для нагрева предназначена рабочая камера, образованная огнеупорной кладкой.



**Рис.4.** Печь трубчатая с вертикальным разъемом

Электropечи поставляются в комплекте с блоком управления, который крепится на стене или любой другой конструкции.

#### **СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ**

Электropечи могут изготавливаться с рабочей зоной большей длины, а также с наличием нескольких зон нагрева. Рабочая труба такой печи проходит по центральной оси камеры нагрева, имеющей квадратное поперечное сечение. Камера разделена теплоизолирующими перегородками на самостоятельные зоны нагрева. Во всех зонах параллельно рабочей трубе располагаются по четыре нагревате-

ля на керамических трубках. Температура в каждой зоне может задаваться независимо. Поэтому на одной и той же печи можно получить или протяженную изотермическую зону нагрева, или наоборот многозонную печь с разными температурами в каждой зоне.

Специальные трубчатые печи используются для нагрева катализаторов при очистке углеводородных газов от серы или очистке аргона от кислорода. Трубчатые печи применяются в установках диссоциации аммиака, а также во многих других термических процессах.



**Рис.5.** Печь проходная для очистки аргона

**Термические процессы разнообразны: плавка, обжиг, спекание, сушка и т.д. Для каждого конкретного случая существует определенный тип трубчатой электropечи. И, тем не менее, для очередной новой технологии может потребоваться разработка специальной конструкции печи. Новые задачи для термических процессов возникают постоянно.**