

0 1000 2000 3000

2200°C

Термообработка в условиях низкого давления

Высокотемпературные вакуумные печи предназначены для термообработки образцов в условиях низкого давления (до 10^{-6} мбар) и парциального давления газов.

Печи с нижней загрузкой имеют опущенный под, который выдвигается из печи и задвигается в нее. Под движется на специальных шарнирах, что упрощает процесс загрузки. Такая конструкция облегчает доступ к полезному объему камеры со всех сторон и обеспечивает точное размещение термопар для измерения температуры образца.

Печи серии HTVL доступны с объемом рабочей камеры от 50 до 200 л и температурой до 2200°C. Печи специально спроектированы для работы в условиях вакуума. Управление давлением от 10 до 1000 мбар осуществляется с помощью встроенного контроллера с точностью примерно ± 2 мбар. Контроллер давления работает независимо от объема подаваемого газа, который можно определить на каждом этапе работы. Так, в условиях низкого давления могут подаваться как большие, так и малые объемы газа. Контроллер давления компенсирует возникающие колебания.

Кроме того, печи оснащаются резервными термопарами и оптическими пирометрами для обеспечения стабильности процесса. Контроллер выполняет независимую проверку достоверности и, если термопары и оптические пирометры показывают недостоверные результаты измерений, переключается на резервные измерительные устройства. Термопары используются при температурах от комнатной до 1200°C. При превышении этой температуры термопары автоматически извлекаются из печи в целях безопасности, и система автоматически переключается на работу с оптическими пирометрами. Диапазон измерения пирометров составляет 350-2200°C. Использование 4 отдельных оптических пирометров на одну печь позволяет осуществлять эффективный мониторинг партии образцов и запись профилей температуры. В сочетании с контроллером Siemens S7-300 (SPS) обеспечивается надежное программирование, мониторинг и контроль над всеми процессами термообработки. Данные процесса отображаются на встроенном мониторе компьютера (программное обеспечение WIN CC).

ОСОБЕННОСТИ

- ▶ Контейнер с водяным охлаждением полезным объемом до 200 л
- ▶ Имеются как металлические, так и графитовые нагреватели, в зависимости от требований к газовой среде, максимальной температуре и возможности загрязнения образца
- ▶ Высокий вакуум до 5×10^{-6} мбар
- ▶ Возможно создание парциального давления водорода 10-1000 мбар
- ▶ Сверхчистая рабочая камера
- ▶ Доступ к образцу со всех сторон

Области применения печей HTBL

Повышение твердости, отжиг, отпуск, закалка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, силицирование, карбонизация, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка

Сотрудничество науки и промышленности

В сотрудничестве с Германским аэрокосмическим центром "Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)", Штутгарт, Германия, КОМПАНИЯ GERO разработала две высокотемпературные вакуумные печи для промышленного производства углерод-углеродных и кремний-углеродных компонентов с помощью пиролиза и силицирования для компании Nammo Raufoss AS, Норвегия.

Печи предназначены для высокотемпературной обработки при производстве термостойких и сверхпрочных компонентов из армированной керамики.

МАТЕРИАЛ

Конечный материал C/C-SiC включает в себя прочные элементы C/C, встроенные в матрицу SiC. Стандартные характеристики материалов C/C-SiC:

- Стойкость к высоким температурам и термическому удару
- Стойкость к повреждениям (нехрупкость)
- Высокая механическая прочность при высоких температурах
- Низкая плотность (1.9 г/см³)
- Очень высокая стойкость к истиранию и коррозии
- Очень низкое тепловое расширение
- Внутренняя защита от окисления

МЕТОД

- 1 При соединении углеродных волокон с (как правило, фенольной) смолой компоненты запрессовываются в жесткую форму, в которой происходит их полимеризация при температуре 190°C.
- 2 На следующем этапе производится пиролиз/карбонизация компонентов в печи с газовой или вакуумной средой. Под воздействием тепла, в атмосфере азота, газы, возникающие в результате пиролиза, отводятся от компонента и полностью сжигаются в камере дожигания отходящих газов. Раздельный нагрев, начиная с подачи газа до его отвода в камеру сгорания, позволяет избежать нежелательных скоплений в печи. Далее азот заменяется вакуумом при температуре примерно 900°C, и происходит карбонизация при температуре до 1650°C.
- 3 После охлаждения открытопористые компоненты C/C (углерод/углерод), образовавшиеся в результате пиролиза, выводятся из печи для проведения контроля качества.
- 4 Затем компоненты C/C подаются в печь для силицирования, где размещаются в тиглях на панели основания. Помимо компонента, в тигле взвешивается необходимое количество гранулированного кремния для силицирования. Над тиглем устанавливается реторта для защиты печи от паров кремния,



HTBL 50 GR

образующихся при рабочей температуре. Фактический процесс силицирования происходит при температурах выше температуры плавления кремния (примерно 1650°C). Процесс производится в условиях вакуума; жидкий кремний проникает в пористый компонент C/C только за счет капиллярных сил. Таким образом, компонент полностью насыщается жидким кремнием, который вступает в реакцию с SiC с незначительной долей углерода на внутренних сопряженных поверхностях.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Специальная конструкция печи с нижней загрузкой и дополнительными нагревательными элементами под полом рабочей камеры создает оптимальное распределение температуры в печи. Использование графитовой реторты позволяет регулировать подачу газа во избежание значительных загрязнений. Выпускные отверстия для отвода газов не требуют очистки. Все продукты пиролиза полностью сгорают. Благодаря полностью автоматизированному процессу действия оператора ограничены только загрузкой и выгрузкой образцов.