

Термообработка от 30 до 3000 °C





НАУКА О ТВЕРДОМ

ТЕРМООБРАБОТКА
ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ
МАТЕРИАЛОГРАФИЯ И
ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И РАССЕВ
ХАРАКТЕРИСТИКА ЧАСТИЦ

Подразделение VERDER SCIENTIFIC, как часть группы компаний VERDER Group, задает стандарты развития, производства и продаж лабораторного и аналитического оборудования. Оборудование компании используется в таких областях, как контроль качества и научно-исследовательская работа для пробоподготовки и анализа твердых материалов.

Ведущий производитель в сфере термообработки

Компания Carbolite Gero GmbH & Co. KG предлагает печи и оборудование для термообработки в диапазоне температур от 30 до 3000 °С. Оборудование Carbolite Gero предназначено для термообработки в условиях вакуума, пониженного давления, атмосферного давления, регулируемого давления и избыточного давления. Термообработка может выполняться как в среде инертных газов, например, аргона или азота, так и реактивных газов, например водорода или кислорода.

Компания Carbolite Gero располагает двумя заводами. Первый расположен в г. Шеффилд, Великобритания, на котором с 1938 г. компания Carbolite производит термощафы и печи с максимальной рабочей температурой 1800 °С. Компания получила свое название в честь нагревательных элементов из карбида кремния, используемых в ее продукции ранних лет. Второй завод расположен в г. Нойхаузен, Германия, на котором с 1982 г. производятся печи для высокотемпературной обработки Gero. Компания Gero получила свое название в честь двух основателей - Роланда Гейгера и Герда Лампрехта, которые изначально занимались разработкой оборудования для выращивания кристаллов, а затем, используя свои знания в этой высокотехнологичной области, стали заниматься разработкой печей для термообработки в различных рабочих средах при температуре до 3000 °С. Многолетний опыт позволяет компании Carbolite Gero по праву гордиться своей репутацией производителя высококачественной и надежной продукции.

Площадь заводов компании Carbolite Gero составляет более 7500 м², а количество сотрудников - более 250. Carbolite Gero является частью подразделения Verder Scientific группы Verder, куда входят также компании Eltra, Retsch и Retsch Technology.

Результатом многолетнего опыта в сфере высокотемпературной обработки стала разработка и производство как линейки стандартного оборудования во всем диапазоне рабочих температур, так и оборудования для сложных процессов термообработки, изготавливаемого по индивидуальному заказу.

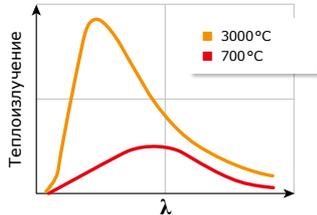
Технический персонал компании Carbolite Gero включает высококвалифицированных инженеров и специалистов по физике и химии - настоящих экспертов в широкой сфере термообработки материалов при температурах до 3000 °С. Глубокое знание различных технологий и методов позволяет компании Carbolite Gero искать и находить решения множества проблем, возникающих в данной сфере.

Гибкость в работе с заказчиками и внимание к их индивидуальным требованиям позволили компании Carbolite завоевать ведущие позиции в таких сферах, как машиностроение, материаловедение, удаление связующих веществ, спекание, литье металлов/керамики под давлением, пайка и высокотемпературная пайка - вот лишь неполный список областей, в которых находит применение продукция компании.

Компания Carbolite Gero в первую очередь стремится удовлетворить требования заказчиков, предоставляя консультации по выбору продукции и услуги послепродажного обслуживания, включая установку и пусконаладку оборудования в любой точке мира, выполняемую высококвалифицированными инженерами по эксплуатации - специалистами завода в Нойхаузене, а также имеет дистрибьюторскую сеть, в которую входит продукция подразделения Verder Scientific Group.

www.carbolite-gero.com





Model Page

Введение

Основы термодинамики	06
Технологии создания вакуума	08
Руководство по выбору печей	10
Алфавитный указатель	82

30 °C - 1300 °C

В данном разделе печи расположены по возрастанию максимальной рабочей температуры. Печи, начиная с EBO, с водяным нагревом и максимальной рабочей температурой 120 °C предназначены для каталитического удаления связующих веществ. Все прочие печи оснащаются проволочными нагревательными элементами из фехрала (CrFeAl), позволяющими выполнять термообработку в широком диапазоне температур до 1300 °C. В описании каждой печи указывается наиболее характерная и распространенная область применения.



Трубчатые печи, печи для удаления связующих, отжига и пайки

Печи для удаления связующих веществ с максимальной рабочей температурой 120 °C	EBO	14
	GLO	16
Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100 °C	VL	20
Трубчатые печи для пайки с максимальной рабочей температурой 1050 °C	F	22
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1350 °C	F-A	23
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1300 °C	AZ	24
Трубчатые печи с восемью зонами нагрева и максимальной рабочей температурой 1300 °C		

1300 °C - 3000 °C

Трубчатые печи или печи с неохлаждаемым кожухом с данным диапазоном рабочей температуры оснащаются нагревательными элементами из дисилицида молибдена (MoSi₂), обеспечивающими максимальную рабочую температуру 1800 °C. Все прочие печи оснащаются охлаждаемыми кожухами, то есть имеют водяное охлаждение. Максимальная возможная рабочая температура печей составляет 3000 °C. В описании каждой печи указывается наиболее характерная и распространенная область применения.



Трубчатые печи

Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, горизонтальные	HTRH	28
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, вертикальные	HTRV	30
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1700 °C, вертикальные	HTRV-A	31
Водородные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1600 °C	HTRH-H ₂	32

Камерные печи

Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTK	34
Камерные печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C	HTKE	40

Колпаковые печи

Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HBO	42
Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C	HV	46

Печи с нижней загрузкой

Печи с нижней загрузкой с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTBL	48
---	------	----

Лабораторные печи

Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C	LHT	52
---	-----	----

Печи специального назначения

Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800 °C	BV-HTRV	56
Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450 °C	PDS	58

Page

Печи специального назначения и опции к ним

В данном разделе приводится описание некоторых печей специального назначения. Печи для литья металлов под давлением идеально подходят для всех технологических процессов данной технологии - от удаления связующих до спекания. Печи SERIE 3000 разработаны на базе стандартных моделей LHTG и НТКGR, оснащенных опциональным оборудованием для выполнения пиролиза и термообработки при температуре 3000°C. Кроме того, приводится краткое описание некоторых моделей оборудования для выращивания кристаллов и оборудования для термообработки, изготавливаемого по индивидуальному заказу, а также его уникальных возможностей для различных областей применения.



Печи для литья металлов под давлением

Оборудование для удаления связующих веществ и спекания	62
--	----

ПЕЧИ ДЛЯ ГРАФИТИЗАЦИИ SERIE 3000

Камерные и лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000°C	64
---	----

Печи для выращивания кристаллов

Оборудование для выращивания кристаллов методом Бриджмена	68
Оборудование для выращивания кристаллов методом Стокбаргера	70
Принадлежности оборудования для выращивания кристаллов	71

Печи, изготавливаемые по индивидуальному заказу

Большая реакционная печь для нужд ЦЕРН	72
Лабораторные печи со сменными нагревательными кассетами	73
Большие трубчатые печи F	73

Опции

Встроенные интеллектуальные системы: контрольно-измерительное оборудование	74
Принадлежности и опции	76
Принадлежности и опции для трубчатых печей	80

Ограничение ответственности

Ввиду того что компания Carbolite Gero непрерывно совершенствует выпускаемые изделия, после публикации данного каталога в них могут вноситься изменения. Компания Carbolite Gero оставляет за собой право вносить изменения в характеристики своих изделий в любое время и любым способом без предварительного уведомления об этом, при условии,

что окончательные характеристики оборудования не будут ухудшаться в результате этого. Если габаритные размеры или технические характеристики какого-либо изделия, упомянутого в данном каталоге, имеют принципиальное значение для заказчика, перед размещением заказа необходимо связаться с производителем для уточнения информации.

CARBOLITE®

Leading Heat Technology

Портфолио оборудования для термообработки в диапазоне температур от 30 до 1800°C пополняет продукция, выпускаемая заводом компании Carbolite в г. Шеффилд, Великобритания, действующим с 1938 г. Компания Carbolite предлагает широкий спектр термощкафов с максимальной рабочей температурой 750°C, а также камерных, трубчатых и промышленных печей с максимальной рабочей температурой 1800°C. Кроме того, компания обладает богатым опытом в сфере разработки и производства оборудования, отвечающего любым требованиям заказчиков. Более подробную информацию см. в отдельных каталогах. Данная продукция, а также продукция, выпускаемая заводом компании Carbolite Gero в Нойхаузене (Германия), образует широчайший спектр оборудования для термообработки в диапазоне температур от 30 до 3000°C. Для получения подробной информации обратитесь в ближайшее представительство компании или по адресу электронной почты info@carbolite-gero.com



Теплота возникает при общем хаотическом движении молекул, атомов и электронов вещества. К примеру, высокая температура газа возникает в результате броуновского движения молекул и атомов, из которых состоит газ. То же относится и к жидкостям. Тепловое движение электронов в твердых телах позволяет измерять температуру с помощью термопар. Стандартные термопары типов K, N, S, R, В и С включают в себя провода из различных материалов, сваренных вместе на концах. Пирометр позволяет измерять теплоизлучение и, соответственно, температуру материала до 3000°C.



Перенос теплоты и тепловое расширение

Существует три основных типа переноса теплоты: зависимые от среды - конвекция и теплопроводность, а также один независимый от среды тип - теплоизлучение.

1 Теплопроводность (в зависимости от среды):

Теплопроводностью называется прямой перенос теплоты (ΔQ) на единицу времени (Δt) как внутри, так и между компонентами печи по поверхности (A). Между компонентами печи может находиться твердая, жидкая или газообразная среда. Каждый материал обладает собственным коэффициентом теплопроводности (κ). Данный вид переноса теплоты возможен при любых температурах, но главным условием для него является непосредственное соединение (среда) между источником теплоты и, к примеру, образцом с разницей температур ΔT на расстоянии Δx

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\kappa \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

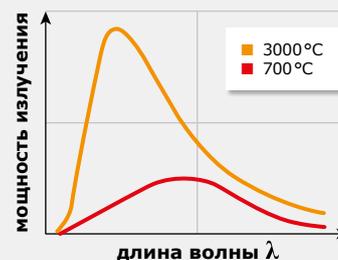
2 Тепловая конвекция (в зависимости от среды):

Данный вид переноса теплоты осуществляется за счет струйного/потокового движения жидкости или газа, переносящего теплоту между компонентами печи. В зоне наиболее высокой температуры печи газ/жидкость нагревается, увеличивая кинетическую энергию молекул и приводя к возникновению диффузии с веществом в зоне меньшей температуры. Данный вид переноса теплоты, как правило, активно протекает при температуре ниже 700°C, требует среды для переноса теплоты и не действует в среде вакуума.

3 Теплоизлучение (независимо от среды):

Теплоизлучение представляет собой электромагнитные волны, испускаемые горячими поверхностями. Данное явление выглядит как свечение внутри печи. Теплоизлучение возникает при температуре около 700°C как свечение красного цвета, при температуре около 1000°C - как свечение желтого цвета и при температуре выше 1500°C - как свечение ослепительно белого цвета. Данный вид переноса теплоты может происходить в вакууме, и особенно характерен для сред с температурой

выше 700°C. Контакта (среды) между источником теплоты и образцом нет. Это означает, что теплоизлучение не зависит от среды. Мощность излучения (P) поверхности (A) при температуре (T_w) описывается известной формулой Планка; $\sigma = 5.7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ - постоянная Планка для излучения абсолютно черного тела.

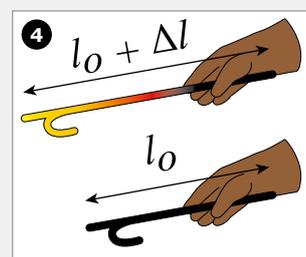


$$P = \sigma AT^4$$

4 Тепловое расширение:

Каждое вещество обладает собственным коэффициентом теплового расширения (α). При нагреве материала до определенной температуры (ΔT) его размеры увеличиваются (Δl).

Из-за этого керамические рабочие трубки печей испытывают большие нагрузки в местах, где температура быстро падает. По этой причине не рекомендуется использовать трубки большого диаметра, так как они могут треснуть в этих местах.



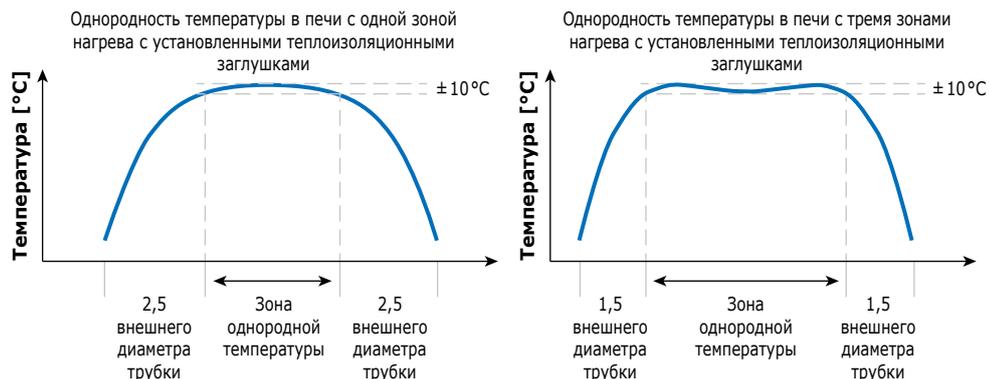
$$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta T$$

Основные особенности конструкции печей и теплоизоляции

В реальности все три типа переноса теплоты присутствуют одновременно. Для разработки печи с высокой однородностью температуры необходимы длительные расчеты и испытания. Компания Carbolite Gero вложила весь свой многолетний инженерный опыт в создание высококачественного оборудования для термообработки. Некоторые основные особенности оборудования:

Печи с несколькими зонами нагрева:

Трубчатые печи с несколькими зонами нагрева позволяют скомпенсировать падение температуры на концах трубки. Имеются печи с тремя или даже восемью зонами нагрева.



Реторта:

Помещение образца в герметичную реторту позволяет повысить однородность температуры во всем полезном объеме печи. С помощью реторты также обеспечивается циркуляция необходимых газов: например, в печах для удаления связующих реторта оснащается системой газоотведения.



Графитовая реторта с газоотводной трубкой

Высокотехнологичная конструкция:

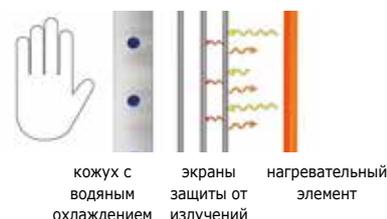
Строго симметричная конструкция улучшает однородность температуры в печи. Если термообработка выполняется в рабочей среде, перед подачей на образец газ предварительно нагревается. Печи с низкой рабочей температурой оснащаются системой вентиляции и сложной системой циркуляции газов.



Вентилятор, улучшающий циркуляцию газов

Экраны защиты от излучений:

В печах с металлической теплоизоляцией используются металлические экраны защиты от излучений. Многослойная конструкция экрана отражает теплоизлучение, направленное на кожу с водяным охлаждением. Для обеспечения высокой однородности температуры расположение кожных с водяным охлаждением, экранов защиты от излучений и нагревательных элементов должно быть строго симметричным.



Высококачественная теплоизоляция:

Теплопроводность (κ) графитового войлока и керамического волокна очень низкая, что делает эти материалы оптимальными для теплоизоляции печей. Толщина и качество материала тщательно подбираются с учетом максимальной рабочей температуры печи.



Сегодня процесс термообработки, как правило, выполняется в среде вакуума. В таких областях применения, как вакуумная металлургия, отжиг, выращивание кристаллов, пайка, высокотемпературная пайка и др., термообработка должна выполняться в вакуумной среде. В связи с этим образец помещается в герметичный резервуар - рабочую трубку, реторту или кожух с водяным охлаждением. Основным достоинством вакуумирования, которое становится возможным при обеспечении герметичности, является снижение уровня кислорода во избежание окисления образца. Кроме того, для термообработки при температуре выше 1800°C необходимо снизить уровень кислорода во избежание окисления нагревательных элементов и материала теплоизоляции. В состав воздуха входят различные газы, например азот, кислород, аргон и некоторые другие в очень низкой концентрации.

Воздух при комнатной температуре и атмосферном давлении содержит примерно 21% кислорода. При вакуумировании печи число молекул кислорода в печи снижается и давление падает. Технология создания вакуума определяется уровнем вакуума, который необходимо создать. Уровни вакуума приведены в Таблице 1. Другим достоинством является максимальная чистота подаваемых газов (инертных или реактивных), обеспечиваемая при создании вакуума в печи.

Молекулы газов в воздухе движутся хаотически и ударяются о стенки рабочей камеры печи, что можно описать как силу (F), прикладываемую к поверхности (A) и создающую определенное давление (p). Это давление зависит от температуры. При более высоких температурах эта сила увеличивается, при более низких - уменьшается. Эта закономерность лежит в основе абсолютной шкалы температур. При 0K = -273°C давление равно нулю, так как частицы неподвижны (T°C = TK-273°C).

При атмосферном давлении и комнатной температуре указанная сила прикладывается к стенкам рабочей камеры печи с обеих сторон. Однако при создании в печи вакуума определенного уровня наибольшая сила, прикладываемая к поверхности, создается атмосферным давлением, и поверхность должна выдержать эту нагрузку.

$$p := \frac{F}{A}$$

Единицей измерения давления в международной системе единиц является паскаль. $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Сегодня общепринятой единицей измерения давления вакуума является миллибар (мбар). В данном каталоге будет использоваться именно эта единица измерения (1 мбар = 100 Па).

Уровни вакуума

Table 1

	сверхвысокий вакуум	высокий вакуум	средний вакуум	низкий вакуум
давление [мбар]	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 1	1 - 1000
n [см ⁻³]	< 10 ⁹	10 ⁹ - 10 ¹³	10 ¹³ - 10 ¹⁶	10 ¹⁶ - 10 ¹⁹

В Таблице 1 приведены характеристики четырех типов вакуума. Данные типы выбраны не произвольно, так как используемые технологии термообработки требуют создания определенного уровня вакуума в соответствии с указанными типами рабочих сред. В последней строке Таблицы 1 указано количество частиц на 1 см³ в зависимости от уровня вакуума.

На стр. 9 приведено описание наиболее распространенных насосов, которыми оснащаются печи для высокотемпературной обработки, а также давление, которое они способны создать. Для создания низкого вакуума используется роторно-лопастной насос. Конструкция одноступенчатого роторно-лопастного насоса позволяет создавать низкий вакуум, двухступенчатого роторно-лопастного насоса - достигать границы среднего вакуума, но не выше. Для создания среднего вакуума роторно-лопастной насос необходимо использовать в сочетании с насосом Рутса. Для создания высокого вакуума роторно-лопастной насос необходимо использовать в сочетании с турбомолекулярным или масляным диффузионным насосом.

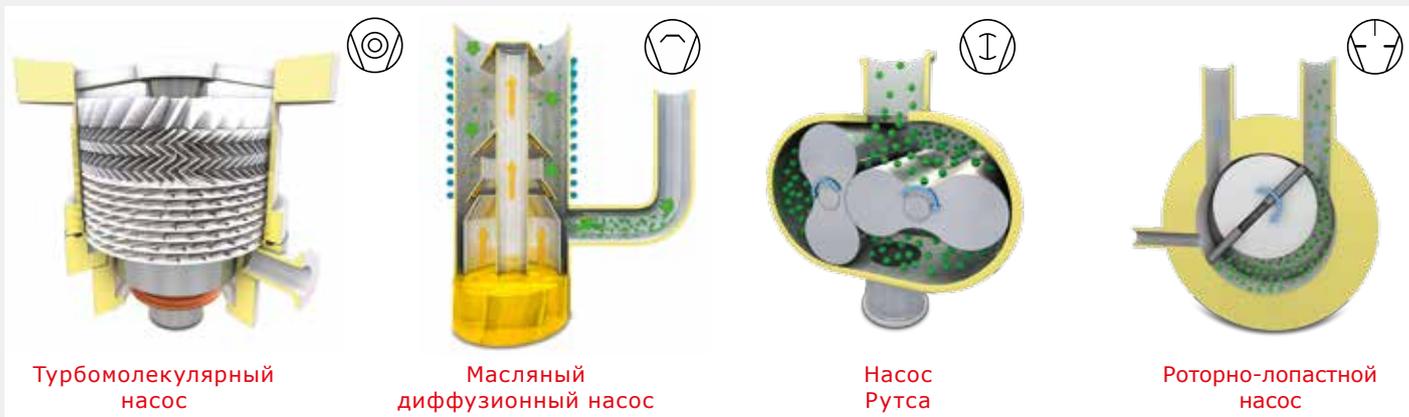
Давление рабочей среды при термообработке

Термообработка может выполняться в различных рабочих средах. Различают четыре типа сред:

- Вакуум:** Насосы, которыми оснащено оборудование, создают давление в диапазоне, указанном на рис.
- Пониженное давление:** Поток газа подается в печь. Насос создает определенное давление в печи, позволяя точно регулировать рабочую среду под давлением ниже атмосферного.
- Регулируемое давление:** Поток газа подается в печь. Создается небольшое избыточное давление. Выпуск газа осуществляется открытием клапана.
- Избыточное давление:** Газ подается в печь до достижения определенного избыточного давления (до 100 бар).



Вакуумные насосы



Турбомолекулярный насос включает в себя несколько роторов, вращающихся с большой скоростью, и несколько статоров между ними. Скорость вращения роторов, увлекающих газ, превышает 10 000 об/мин и, таким образом, становится сопоставимой со скоростью движения частиц этого газа. В сочетании с форвакуумным насосом становится возможным достичь высокого вакуума и даже выше. Сегодня турбомолекулярные насосы активно используются для создания высокого и сверхвысокого вакуума. Насос может значительно ускорить тяжелые и медленные частицы или молекулы газа, так что их скорость станет сопоставимой с легкими и быстрыми частицами. Таким образом, можно очистить созданный вакуум от углеводородных соединений и добиться очень высокой степени чистоты в рабочей камере.

В масляных диффузионных насосах не используются движущиеся детали. Принцип их работы заключается в том, что пары масла, движущиеся вниз с большой скоростью, увлекают молекулы воздуха в форвакуумный насос. Попадая в нижнюю часть насоса, масло нагревается и испаряется, а затем, поднявшись вверх, снова падает вниз через форсунки. Масло, конденсирующееся на внешней стенке насоса, снова может испаряться. Высокая скорость вакуумирования позволяет достичь высокого вакуума. Но, несмотря на это, некоторые молекулы масла все-таки попадают в печь.

Насосы Рутса используются для термообработки в среде среднего вакуума. Во всасывающей камере насоса не используется смазка. Принцип работы насоса основан на вращении двух роторов, плотно подогнанных друг к другу. Роторы изготовлены с высокой точностью, так что между самими роторами, а также между роторами и стенками всасывающей камеры почти не остается свободного пространства. Данный насос используется в сочетании с форвакуумным насосом.

Роторно-лопастной насос используется в качестве форвакуумного насоса. Это наиболее распространенный тип насоса. Он может быть как одноступенчатым, так и двухступенчатым и может работать против атмосферного давления. Скорость вращения насоса составляет около 1500 об/мин. Во всасывающей камере насоса используется смазка. Цилиндрический ротор с лопастями, вращаясь, вытесняет газ наружу, позволяя создать низкий вакуум в рабочей камере печи или достичь границы среднего вакуума.

Данные насосы чаще всего используются для вакуумирования рабочей камеры печи. По запросу также могут предоставляться специальные насосы, например при работе с реактивными газами. В этом случае могут применяться насосные установки без использования смазки или с использованием специальной смазки. Также для специальных областей применения компания предлагает диафрагменные, криогенные, геттерно-ионные насосы и т. д.



Рис. 1

Температура

Основной задачей, встающей при термообработке, является достижение определенной температуры. Максимальная рабочая температура электрических печей сопротивления ограничивается их конструкцией. Существует три основных вида теплоизоляции: изоляция из керамического волокна, графитового войлока, а также металлические экраны защиты от излучений (из молибдена и вольфрама). Нагревательные элементы существуют всего двух видов: проволочные из фехралья (CrFeAl) или П-образные из дисилицида молибдена (MoSi₂). Для теплоизоляции нагревательных элементов используется керамическое волокно с низкой теплопроводностью. Для формирования защитного слоя на поверхности нагревательных элементов перед началом термообработки необходимо создать окисляющую среду. Теплоизоляцию нагревательных элементов из молибдена или вольфрама обеспечивают экраны защиты от излучений, изготавливаемые из тех же материалов. Эти многослойные экраны отражают теплоизлучение, обеспечивая эффективную изоляцию рабочей камеры. В данном случае окисляющая среда не требуется. Низкое давление пара металлического материала позволяет достичь высокого вакуума. Теплоизоляция графитовых нагревательных элементов изготавливается из графитового войлока. Окисляющая среда не требуется. Давление пара графита не позволяет полностью очистить рабочую среду рабочей камеры от углерода при термообработке. Различные способы нагрева обуславливают различную максимальную рабочую температуру печи. Выделяется два диапазона рабочей температуры печей. Первый диапазон - от 30 до 1300°C, второй - от 1300 до 3000°C.

Рабочая среда

Другой важной задачей, встающей при термообработке, является создание определенной рабочей среды, в которой должна выполняться термообработка. На рис. 2 показана схема выбора различных рабочих сред в зависимости от различных температур и используемых нагревательных элементов. На схеме приведены наиболее распространенные рабочие среды и нагревательные элементы. По запросу в рабочей камере печи могут использоваться даже такие газы, как монооксид углерода, гелий или нитрид водорода. Для стандартных рабочих сред применяется следующее базовое правило: при рабочей температуре печи до 1800°C можно использовать любые стандартные газы и рабочие среды, т.е. воздух, кислород, азот и водород, а также вакуум любого уровня. Если рабочая температура находится в диапазоне от 1800 до 2200°C, можно выполнять термообработку в среде азота, аргона, водорода, а также вакуума любого уровня. Если рабочая температура находится в диапазоне от 2200 и 3000°C, термообработка может выполняться только в среде аргона.

Закключение

Если известны температура и рабочая среда, необходимые для термообработки, способ нагрева можно определить по рис. 2. Эти способы нагрева используются в печах различных типов. Окончательное решение в данном вопросе определяется такими характеристиками печи, как ее полезный объем, способ загрузки и т. д.

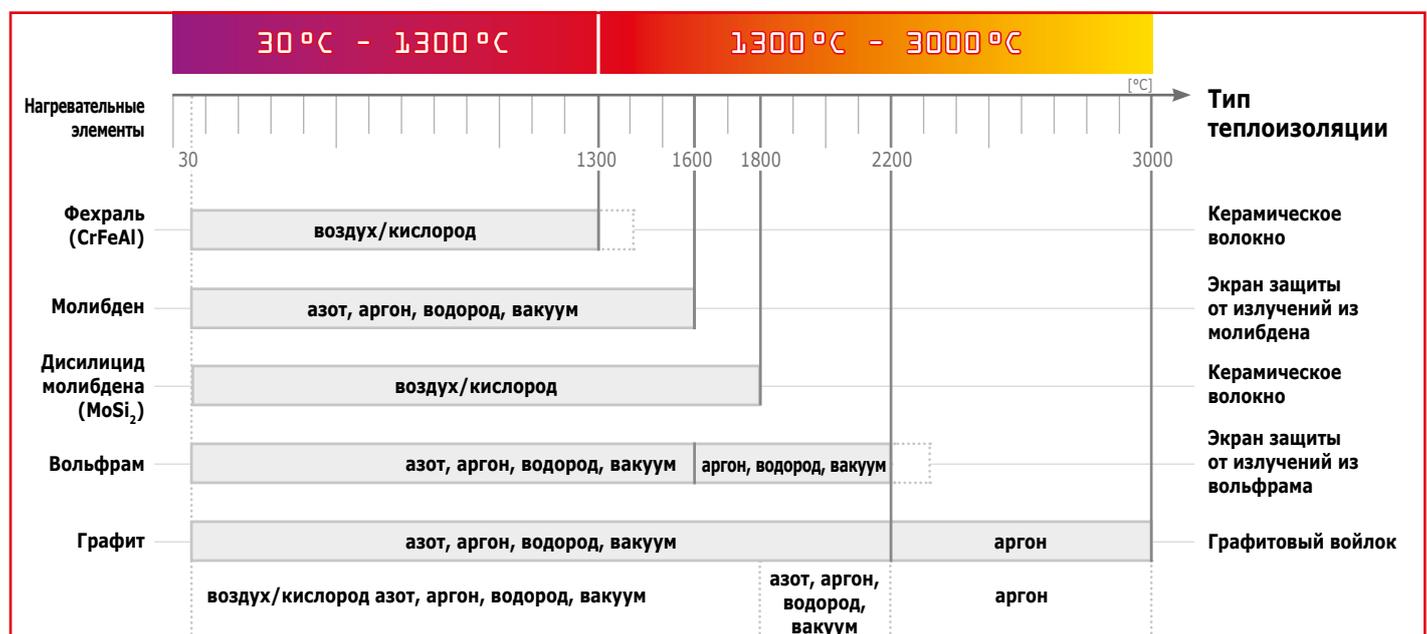


Рис. 2: Выбор способа нагрева печи

Таблица областей применения

-  специально разработано для этой области
-  подходит для использования в этой области
-  ограниченно подходит для использования в этой области
- не подходит

Область применения																
Закалка	Отжиг	Прокаливание до свечения	Отпуск	Пайка/высокотемпературная пайка	Дегазация	Пиролиз	Силицирование	Карбонизация	Быстрое создание опытных образцов	Спекание	Удаление связующих веществ	Синтез	Сублимация	Сушка	Выращивание кристаллов	Литье металлов под давлением

Трубчатые печи, печи для удаления связующих, отжига и пайки	Модель	Способ нагрева	Страница
Печи для удаления связующих веществ с максимальной рабочей температурой 120 °C	EBO	вода	14-15
Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100 °C	GLO	CrFeAl	16-19
Трубчатые печи для пайки с максимальной рабочей температурой 1050 °C	VL	CrFeAl	20-21
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1350 °C	F	CrFeAl	22
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1300 °C	F-A	CrFeAl	23
Трубчатые печи с восемью зонами нагрева и максимальной рабочей температурой 1300 °C	AZ	CrFeAl	24-25

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○
○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○
○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	○	-	○	○	○	-	-
○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	-	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	-	○	○	-	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Трубчатые печи

Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, горизонтальные	HTRH	MoSi ₂	28-29
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, вертикальные	HTRV	MoSi ₂	30
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1700 °C, вертикальные	HTRV-A	MoSi ₂	31
Водородные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1600 °C	HTRH-H ₂	MoSi ₂	32-33

-	-	○	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
-	-	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	-	○	○	○	○

Камерные печи

Камерные печи с металлической теплоизоляцией и максимальной рабочей температурой 1600/2200 °C	HTK MO / HTK W	Mo / W	34-39
Камерные печи с теплоизоляцией из графита и максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTK GR	GR	34-39
Камерные печи с теплоизоляцией из керамического волокна и максимальной рабочей температурой 1800 °C	HTK KE	CrFeAl or MoSi ₂	34-39
Камерные печи с теплоизоляцией из керамического волокна, не для обработки в вакууме, с максимальной рабочей температурой 1800 °C	HTKE	MoSi ₂	40-41

-	-	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	-	○	○	○	○
-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○
○	○	○	○	-	-	○	-	-	○	○	○	-	○	○	-	-
○	○	○	○	-	-	○	-	-	○	○	○	-	○	○	-	-

Колпаковые печи

Колпаковые печи с металлической теплоизоляцией и максимальной рабочей температурой 1600/2200 °C	HBO MO / HBO W	Mo / W	42-45
Колпаковые печи с теплоизоляцией из керамического волокна и максимальной рабочей температурой 1800 °C	HB	CrFeAl or MoSi ₂	46-47

-	-	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○	-	○	○	○	○
○	○	○	○	-	-	○	-	-	○	○	○	-	○	○	-	-

Печи с нижней загрузкой

Печи с нижней загрузкой, с металлической теплоизоляцией и максимальной рабочей температурой 1600/2200 °C	HTBL MO / HTBL W	Mo / W	48-51
Печи с нижней загрузкой, с теплоизоляцией из графита и максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTBL GR	GR	48-51

-	-	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	-	-	○	○	○
-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○

Лабораторные печи

Лабораторные печи с металлической теплоизоляцией и максимальной рабочей температурой 1600/2200 °C	LHTM / LHTW	Mo / W	52-55
Лабораторные печи с теплоизоляцией из графита и максимальной рабочей температурой 3000 °C	LHTG	GR	52-55

-	-	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	-	○	○	○	○
-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○

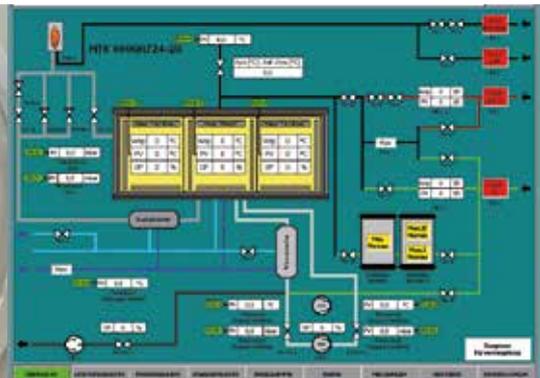
Печи специального назначения

Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800 °C	BV-HTRV	MoSi ₂	56-57
Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450 °C	PDS	Mo	58-59

-	-	-	○	○	○	-	-	○	-	○	-	○	-	-	○	-
○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	○	○	-	○

В данном разделе печи расположены по возрастанию максимальной рабочей температуры. Печи, начиная с EVO, с водяным нагревом и максимальной рабочей температурой 120° предназначены для каталитического удаления связующих веществ. Все прочие печи оснащаются проволочными нагревательными элементами из фехрала (CrFeAl), позволяющими выполнять термообработку в широком диапазоне температур до 1300 °C. В описании каждой печи указывается наиболее характерная и распространенная область применения.

30 °C - 1300 °C



Диапазон температур от 30 до 1300 °C	Модели	Страница
Печи для удаления связующих веществ с максимальной рабочей температурой 120 °C	EVO	14
Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100 °C	GLO	16
Трубчатые печи для пайки с максимальной рабочей температурой 1050 °C	VL	20
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1350 °C	F	22
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1300 °C	F-A	23
Трубчатые печи с восемью зонами нагрева и максимальной рабочей температурой 1300 °C	AZ	24



Печь для каталитического удаления связующих веществ

Литье металлов и керамики под давлением - активно развивающаяся современная производственная технология. Данную технологию можно разделить на четыре этапа: создание смеси исходного материала и связующего, создание промежуточной отливки в пресс-форме, удаление связующих веществ и спекание. Удаление связующих веществ - самая трудоемкая операция в данном процессе. Удаление связующих из промежуточных отливок, выполненных из материала Catamold®, выполняется с помощью катализатора - азотной кислоты. Данный процесс требует точного регулирования, как температуры, так и давления газа.

Печи EVO разработаны в строгом соответствии с требованиями к каталитическому удалению связующих. Печи EVO идеально подходят для удаления связующих из промежуточных отливок, выполненных из материала Catamold® компании BASF. Промежуточные отливки также известны под названием "зеленых деталей". Полезный объем рабочей камеры печи EVO составляет 120 л, а размеры рабочей камеры - 400x400x700 мм.

Процесс удаления связующих начинается с подачи азота для снижения содержания кислорода в рабочей камере. По достижении идеальной температуры в рабочую камеру с постоянной скоростью подаются пары азотной кислоты. Расход азота при этом должен быть выше, чем расход азотной кислоты, во избежание формирования взрывоопасной смеси. Пары азотной кислоты позволяют осуществить удаление связующих из промежуточной отливки в результате химической реакции, протекающей сначала на поверхности отливки, а затем - в ее глубине. Скорость удаления связующих зависит от размера частиц металлического порошка и, как правило, составляет 1-4 мм/ч. По достижении температуры 120°C связующее (полимер), находящееся в твердой отливке, забирается азотной кислотой. Побочным продуктом химической реакции является формальдегид, образование которого можно обнаружить по изменению температуры в камере дожига печи EVO. По завершении образования формальдегида процесс удаления связующих считается завершенным. После этого в камеру печи EVO подается азот, вытесняя пары азотной кислоты. Этап удаления связующих веществ считается полностью завершенным, и промежуточная отливка загружается в печь для спекания.

Время удаления связующих может задаваться как вручную оператором, так и автоматически. В последнем случае завершение процесса удаления связующих определяется автоматически и выполнение операции прекращается. При литье керамики под давлением толщина стенок образца не должна превышать примерно 4-5 мм. В целях безопасности печи оснащаются предохранительными замками. Управление работой печи осуществляется с помощью сенсорного дисплея.



EVO 120/1.5: Печи для удаления связующих веществ с полезным объемом 120 л и максимальной рабочей температурой 150°C. Рекомендуемая рабочая температура печи составляет 120°C. Азотная кислота, испаряясь, смешивается с азотом и подается в печь для каталитического удаления связующих.

Преимущества

- Кожух с водяным нагревом до температуры 120°C
- Дозированная подача и циркуляция азотной кислоты и азота
- Определение степени удаления связующих
- Соответствие

Стандартные области применения

Каталитическое удаление связующих из промежуточной отливки, выполненной из материала компании BASF, в процессе литья металлов или керамики под давлением

Описание

Кожух с двойными стенками печи EVO оснащен системой водяного нагрева до 150°C. В низком диапазоне температур такая система обеспечивает высокую однородность температуры. В дополнение к этому, в задней части печи установлен вентилятор, обеспечивающий циркуляцию газа в печи для улучшения однородности температуры. Пары азотной кислоты равномерно распределяются в рабочей камере печи вокруг образцов, обеспечивая эффективное удаление связующих из промежуточной отливки. Газ, движущийся вдоль горячего кожуха, предварительно нагревается, затем откачивается назад вентилятором, а затем подается на образец для удаления связующих. Передняя дверца печи EVO запирается автоматически во избежание случайного открытия во время работы. Двухступенчатая газовая горелка предназначена для сжигания продуктов реакции, образующихся при удалении связующих. При автоматическом управлении окончание процесса удаления связующих определяется по температуре в камере дожига.

Вид изнутри

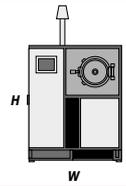


Технические характеристики

Печь для удаления связующих при литье металлов/керамики под давлением



Модель



EVO 120/1.5

Габаритные размеры

ВхШхГ, вместе с горелкой [мм]	2150 x 1750 x 1850
-------------------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	1200
-----------------------	------

Полезное пространство

Объем [л]	120
Ø x Г [мм]	700 x 750

Рабочая температура

T _{макс} [°C]	150
------------------------	-----

Характеристики питания

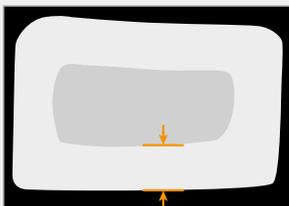
Потребляемая мощность [кВт]	15
Напряжение [В]	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 63

Расход подаваемого газа

Технологический газ (азот) [л/ч]	300 - 3000
Камера дожига: пропан или природный газ [л/ч]	270
Азотная кислота [мл/ч]	30 - 180

Примеры использования

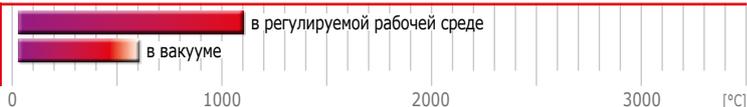
Удаление связующих из промежуточной отливки, полученной в пресс-форме



Печи EVO специально разработаны для удаления связующих из промежуточных отливок, изготовленных из материала Catamold® компании BASF. Доступен широкий спектр смесей исходного материала и связующего, куда входят низколегированные стали, нержавеющей стали, специальные стали с добавлением титана, термостойкие стали, магнитомягкие материалы или даже оксидная керамика. Печи EVO подходят для удаления связующих из отливок на основе всех этих смесей. Высокая однородность температуры и специальная система циркуляции газов обеспечивают высокую точность и воспроизводимость процесса. Все это позволяет по праву назвать печи EVO идеальным оборудованием для каталитического удаления связующих.

Готовая отливка после каталитического удаления связующих

GLO - Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100°C



Печи для отжига

Печи GLO оснащаются герметичной ретортой с нагревательными элементами, симметрично расположенными вокруг нее. Нагревательные элементы, защищенные теплоизоляцией из керамического волокна, изготовлены из фехрала (CrFeAl), также известного как АРМ.

Печи GLO, как правило, оснащаются вакуумными насосами, позволяющими снизить уровень кислорода перед началом термообработки. Для обеспечения высокой степени чистоты рабочей среды в реторте в созданный вакуум подается азот. Эта процедура выполняется несколько раз до получения нужной степени чистоты. Подача азота в вакуум обладает значительными преимуществами по сравнению с простой подачей азота в реторту. Это позволяет быстрее добиться нужной степени чистоты рабочей среды и использовать меньше азота. После снижения уровня кислорода термообработка выполняется в среде инертного газа при небольшом избыточном давлении. Максимальная рабочая температура печей GLO составляет 1100°C при термообработке в рабочей среде. При необходимости также может выполняться нагрев передней дверцы цилиндрической реторты. Газ подается в печь через газовпускное отверстие на передней дверце с водяным охлаждением. Предварительный нагрев газа обеспечивают экраны защиты от излучений, установленные в передней части печи. Система газоотведения расположена в задней части печи. Управление работой печей GLO может выполняться как вручную, так и автоматически.

Печи GLO предлагаются в трех вариантах объема рабочей камеры - 40, 75 и 120 л. Реторты изготавливаются из термостойкой стали (сплав 1.4841). Другие материалы предоставляются по запросу.

При установке на такие печи защитного оборудования их можно использовать для термообработки в среде реактивных газов (например, водорода). При использовании водорода печи должны иметь автоматическое управление и соответствующее защитное оборудование, включающее специальный баллон с газом, а при возникновении неисправностей должна выполняться продувка печи азотом. Все оборудование имеет сертификат соответствия требованиям безопасности SIL2.

Данные печи отличаются компактной конструкцией, что позволяет значительно сэкономить место. Печи могут оснащаться дополнительным оборудованием для удаления связующих или пиролиза. При активном газообразовании печи оснащаются камерой дожигания и системой отвода горячих газов, что позволяет почти полностью избежать конденсации.

Печи GLO могут оснащаться системой быстрого охлаждения. Охлаждение реторты может выполняться как наружным воздухом, так и инертным газом, подаваемым в реторту.



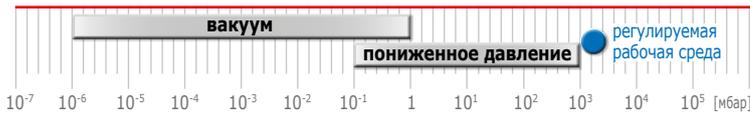
GLO 40/11: Печи для удаления связующих веществ с полезным объемом 40 л и максимальной рабочей температурой до 1100°C при давлении ниже атмосферного.

Преимущества

- Точное регулирование рабочей среды с обеспечением высокой степени чистоты
- Герметичная реторта, позволяющая создавать высокий вакуум
- Возможность быстрого нагрева или охлаждения
- Оборудование для работы в среде водорода при пониженном давлении (по запросу)
- Камера дожигания
- Сертифицированная система безопасности для легковоспламеняющихся и отравляющих газов
- Полностью автоматическое или ручное управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

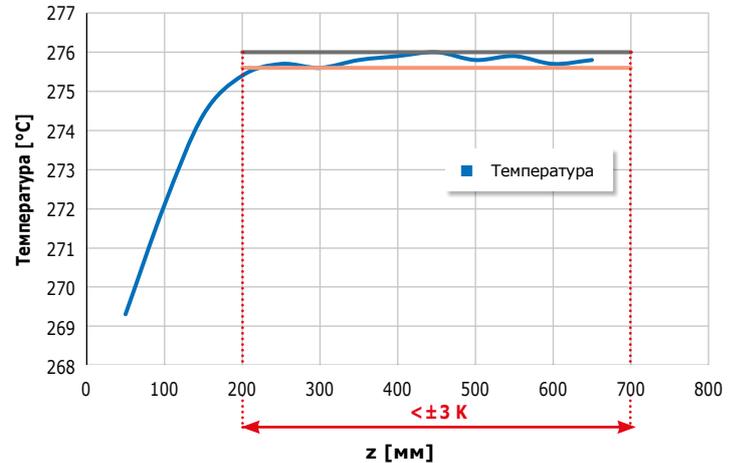
Отжиг, закалка, прокаливание до свечения, отпуск, газоочистка, пиролиз, термическое удаление связующих перед спеканием, сушка



GLO - Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100 °C

Технические характеристики

Максимальная рабочая температура печей GLO составляет 1100 °C. В данном температурном диапазоне перенос теплоты осуществляется посредством активной конвекции и теплопроводности. Для обеспечения высокой однородности температуры печи GLO оснащаются системой циркуляции газа (с помощью вентилятора в задней части печи), обеспечивающей непрерывную равномерную подачу инертного газа на образец. Образец размещается на специально разработанном горизонтально расположенном загрузочном стеллаже. На образец подается рабочий газ, а затем все образовавшиеся газы немедленно отводятся из печи. В задней части реторты предусмотрен датчик температуры (термопара), расположенный рядом с образцами. Термопара позволяет измерять температуру в двух зонах нагрева печи GLO и в то же время - температуру самих образцов. Нагревательные элементы расположены снаружи реторты. Для печей с автоматическим управлением используется термопара защиты от перегрева. По запросу в реторту можно установить и вторую термопару.



Однородность температуры в рабочей камере печи GLO

На графике показана температура в пустой рабочей камере печи GLO 75/09 вдоль оси симметрии. Измерение однородности температуры по длине зоны нагрева от 200 до 700 мм показывает, что максимальное отклонение температуры не превышает $\pm 3 \text{ K}$. Высокая однородность достигается за счет симметричного расположения нагревательных элементов вокруг реторты.

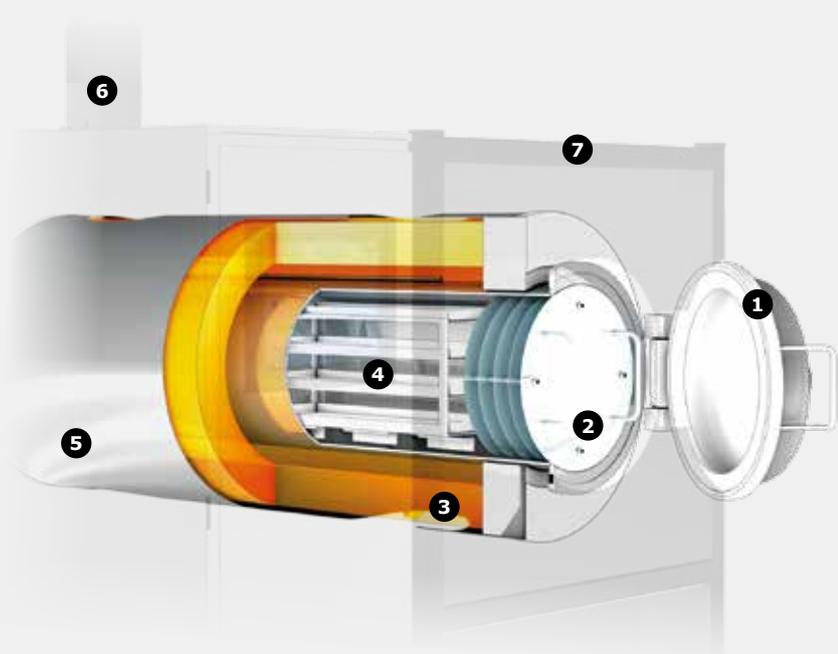
Вид изнутри



Реторта с установленным загрузочным стеллажом

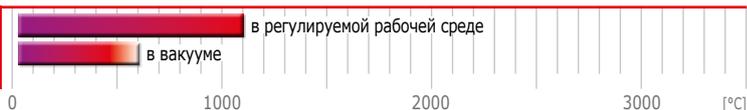


Вид изнутри (увеличенный масштаб): Загрузочный стеллаж в реторте



- 1 открытая дверца
- 2 экраны защиты от излучений
- 3 теплоизоляция из керамического волокна и нагревательные элементы
- 4 загрузочный стеллаж
- 5 тонкая металлическая оболочка
- 6 камера дожига
- 7 рама

GLO - Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100°C



Опции

Печи GLO могут иметь ручное или автоматическое управление. Ручное управление используется, если в печи не применяются реактивные газы; в противном случае печь должна иметь автоматическое управление и соответствующее защитное оборудование (в соответствии с требованиями SIL2).

Оборудование для создания вакуума:

Печи GLO могут оснащаться форвакуумным насосом, а также насосом Рутса или турбомолекулярным насосом. Поскольку температура обработки в среде вакуума ограничена 600°C (более высокая температура доступна по запросу), как правило, используется форвакуумный насос.

Одноступенчатый или двухступенчатый роторно-лопастной насос: скорость вакуумирования до 20 м³/ч. Другие скорости доступны по запросу. Вакуумные насосы, как правило, используются для снижения уровня кислорода перед термообработкой, которое выполняется в несколько циклов подачи/откачивания газа.

Программное обеспечение:

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора KP 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора. Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

Печи с автоматическим управлением могут работать с программным обеспечением TP 1900 или Win CC. В обоих случаях управление осуществляется с помощью удобного и интуитивно понятного интерфейса сенсорного дисплея.

Однако программное обеспечение Win CC имеет больше функций для обеспечения максимальной гибкости работы. Оба типа программного обеспечения позволяют выполнять экспорт данных в файл с расширением csv, позволяя вести необходимую статистику.

Контроллеры Siemens:

- TP 1900: в памяти может храниться до 20 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 25 сегментов.
- Win CC: в памяти может храниться до 50 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 30 сегментов.

Оборудование для работы с реакционными газами:

В печи может безопасно использоваться водород, при условии, если его концентрация не превышает 4%. В противном случае печь должна оснащаться защитным оборудованием. Также может быть предусмотрен подогрев системы газоотведения во избежание конденсации. По запросу печи GLO могут оснащаться оборудованием для работы с несколькими инертными газами.

- Оборудование для работы с реакционными газами
- Защитное оборудование для горючих газов
- Установка для удаления связующего с открытым пламенем для сжигания
- Несколько инертных газов

Водяное охлаждение:

Если на месте эксплуатации не установлена система водяного охлаждения, она может предоставляться по запросу. Мощность системы охлаждения рассчитывается исходя из технических характеристик печи.

- Система водяного охлаждения:
холодильная машина

VGLO 125/09 или VGLO 125/11:
Вертикальные печи GLO с полезным объемом 125 л и максимальной рабочей температурой 900 или 1100°C соответственно. Принцип работы аналогичен печам GLO.

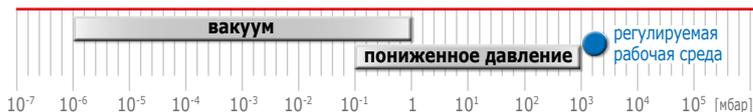


Примеры использования

Пиролиз волокон на древесной основе в процессе создания современных высокотехнологичных материалов



Керамика на основе карбида кремния - активно используемый высокотехнологичный материал. Стандартным методом производства такого материала является инфильтрация кремния в углеродную матрицу. Получение углерода выполняется пиролизом древесных волокон. Дерево - экологически безопасный и дешевый материал. Древесные волокна пропитываются смолой по специальной технологии. Заготовка получает нужную форму, после чего выполняется пиролиз в среде азота (степень чистоты - 99,995%). Процесс выполняется со скоростью 1 К/мин до 500°C и 10 К/мин до 1100°C. В начале процесса происходит разложение древесных волокон, при которой отделяется абсорбированная ими вода (до 150°C), а затем - разрушение биополимеров. В конце процесса все полимерные составляющие деполимеризуются, так что остается только углерод. Печи GLO отлично подходят для выполнения пиролиза.



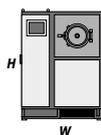
GLO - Печи для отжига с максимальной
рабочей температурой 1100 °C

Технические характеристики

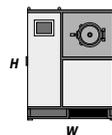


Модель

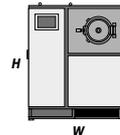
Печи для отжига GLO, реторта из сплавов 1.4841, инконель или фехраль (APM)



GLO 40/11-1G



GLO 75/11-1G



GLO 120/11-1G

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]	1900 x 1400 x 1800	2000 x 1600 x 1800	2100 x 1800 x 2000
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	1200	1500	2000
------------------------------	------	------	------

Полезное пространство

Объем [л]	40	75	120
Ø x Г [мм]	300 x 600	400 x 600	500 x 700

Рабочая температура

T_{макс} вакуум [°C]	600 (1.4841)	600 (1.4841)	600 (1.4841)
T_{макс} атмосферное давление [°C]	600 / 900 / 1100	600 / 900 / 1100	600 / 900 / 1100
ΔT, от 300 до 1100 °C [K] (в соответствии с DIN 17052)	±3	±3	±5
Макс. скорость нагрева (K/мин)	10	10	10
Время охлаждения [ч]	7-9	7-9	8-10

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	25	40	60
Напряжение [В]	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 63	3 x 110	3 x 180
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 80	3 x 160	3 x 200

Вакуум (опция)

Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻³ низкий, средний или высокий вакуум
---	--

Уровень вакуума, в зависимости от насоса

Расход [л/мин]	1-3	1-3	1-3
Макс. температура на входе (°C)	23	23	23

Расход подаваемого газа

Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	200-2000	200-2000	200-2000
--	----------	----------	----------

Контроллер

Ручное управление	Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300
Автоматическое управление	Siemens



Трубчатые печи с автоматическим управлением для термообработки в рабочих средах максимальной степени чистоты

Вертикальные трубчатые печи (VL) предназначены для создания самого низкого достижимого рабочего давления. Возможность создания вакуума обеспечивает максимальную чистоту рабочей среды.

Рабочая камера вертикальной трубчатой печи VL может автоматически подниматься и опускаться. Внутри печи находится кварцевая трубка, в которой создается высокий вакуум. Рабочая камера печи может принимать два положения. В первом случае рабочая камера поднимается, и кварцевая трубка остается в исходном положении. Эта операция выполняется по завершении термообработки для быстрого охлаждения образца в среде вакуума, воздуха или инертного газа. В другом положении можно загружать/выгружать образцы. Кварцевая трубка автоматически подсоединяется к рабочей камере, рабочая камера и кварцевая трубка поднимаются, открывая пространство для загрузки. После загрузки рабочая камера возвращается в нижнее положение. Кварцевая трубка герметично закрывается, и начинается процесс термообработки.

Проволочные нагревательные элементы печи изготавливаются из фехрала (CrFeAl). Теплоизоляция изготавливается из керамического волокна. Для измерения температуры используются термодпары. Максимальная рабочая температура ограничена возможностями кварцевой трубки и составляет 1050°C в среде вакуума. Кварцевая трубка запаяна с верхнего конца. К открытому нижнему концу трубки подсоединяется вакуумный насос, а герметичность обеспечивается полимерным уплотнением. Полезное пространство трубки: диаметр 180 мм, высота 300 мм. В таком малом объеме (около 2 л) можно максимально быстро создать вакуум. Также кварцевая трубка обеспечивает высокую степень чистоты рабочей среды. Данные печи отличаются малым временем охлаждения и, соответственно, возможностью снова приступать к работе, не теряя времени.

В кварцевой трубке можно создавать вакуум вплоть до высокого, т.е. выше 5 x 10⁻⁶ мбар. Управление рабочей средой осуществляется с помощью различного контрольно-измерительного оборудования. Для создания вакуума используются различные вакуумные насосы, в зависимости от требуемого уровня.



Трубчатая печь в верхнем положении. Кварцевая трубка в нижней части печи остается подсоединенной к вакуумному насосу.

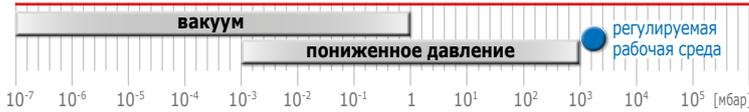
VL 180-300/10: Трубчатая печь для пайки с полезным диаметром трубки 180 мм и длиной зоны нагрева 300 мм. Максимальная рабочая температура в среде вакуума - 1050°C.

Преимущества

- Точное регулирование рабочей среды при максимальной чистоте (6N или выше)
- Максимальный достижимый уровень вакуума
- Конструкция обеспечивает быстрый нагрев или охлаждение
- Сертифицированная система безопасности для легковоспламеняющихся и отравляющих газов
- Полностью автоматическое управление
- Подвижная кварцевая трубка
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

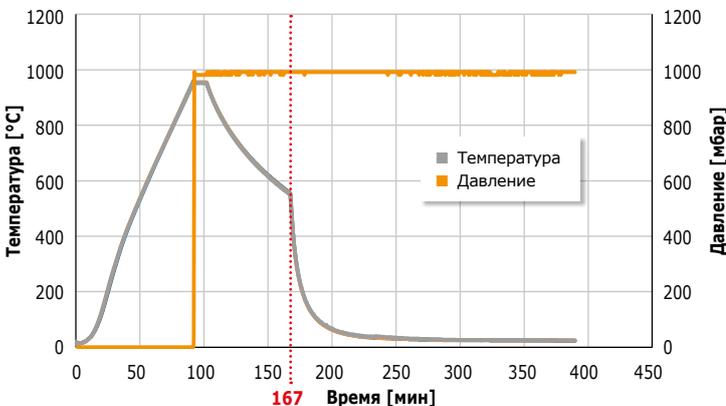
Отжиг, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением



VL - Трубчатые печи для пайки с максимальной рабочей температурой 1050 °C

Описание

Теплоизоляция печи изготавливается из керамического волокна. Проволочные нагревательные элементы изготовлены из фехрала (CrFeAl). С верхней стороны печь закрывается теплоизоляционной заглушкой из керамического волокна. Печь имеет три зоны нагрева, регулирование температуры в которых выполняется с помощью программного обеспечения, позволяя добиться высокой однородности температуры. Измерение температуры выполняют термопары, установленные в каждой зоне нагрева печи, а для защиты от перегрева используется еще одна специальная термопара. Максимальная рабочая температура печи 1050°C ограничена возможностями кварцевой трубки в среде вакуума. Кварцевая трубка запаяна с верхнего конца, а с другого конца находится фланец, обеспечивающий герметичное уплотнение при подсоединении к площадке, к которой снизу крепится вакуумный насос. Металлические экраны защиты от излучения отражают теплоизлучение, направленное в сторону площадки. Снизу подсоединяется трубопровод подачи газа, верхний конец которого расположен на 300 мм выше площадки, так что подача газа осуществляется сверху вниз. Герметичный фланец в нижней части оснащен системой газоотведения. Сквозь фланец проходят несколько термопар, которые могут быть установлены в нужное положение внутри кварцевой трубки. Значения температуры, измеряемой термопарами, отображаются на сенсорном дисплее печи с автоматическим управлением.



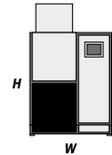
Испытательный цикл: Создание вакуума до рабочего уровня 3x10⁻⁶ мбар, нагрев до 950 °C, нагнетание давления до уровня атмосферного, охлаждение. По прошествии 167 минут рабочая камера печи поднимается в верхнее положение. В кварцевую трубку подается воздух, обеспечивая быстрое охлаждение.

Технические характеристики

Вертикальная трубчатая печь для пайки



Модель



VL 180-300/10-1G

Габаритные размеры

ВхШхГ (мм)	2300 x 1400 x 1400
-------------------	--------------------

Полезное пространство

Объем [л]	7.6
Ø x Г [мм]	180 x 300

Рабочая температура

T_{макс} вакуум [°C]	1050
ΔT, в соответствии с DIN 17052, для печей с тремя зонами нагрева [K] с высотой трубки 300 мм	±3
Время охлаждения [мин]	30
Термопара для измерения температуры и предотвращения перегрева	type K

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	12
Напряжение [В]	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 30
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 35

Контроллер

Ручное управление	Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300
Автоматическое управление	Siemens

Охлаждающая вода

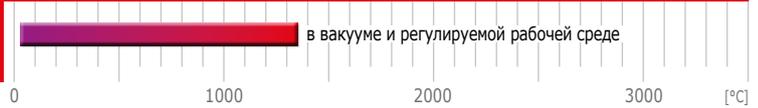
Расход [л/мин]	30
-----------------------	----

Примеры использования

Пайка и высокотемпературная пайка в среде высокого вакуума с максимальной рабочей температурой 1050 °C



Печи VL специально разработаны для пайки / высокотемпературной пайки небольших деталей при температуре до 1050°C. Полезный объем печи ограничен объемом кварцевой трубки. Многие компоненты, используемые при производстве спутников, самолетов, радаров или лазеров, требуют пайки (высокотемпературной пайки) в среде высокого вакуума. Печи VL, специально разработанные для термообработки в вакууме, идеально подходят для решения этой задачи. По завершении процесса термообработки рабочая камера печи поднимается, обеспечивая быстрое охлаждение образца и возможно, не теряя времени, снова приступать к работе. Другим преимуществом данной печи, помимо исключительных возможностей при создании вакуума, является то, что при движении рабочей камеры образец остается неподвижным, не подвергаясь воздействию вибраций. Управление перемещением печи осуществляется автоматически. Программное обеспечение с функцией занесения данных в системный журнал позволяет контролировать, измерять и в дальнейшем усовершенствовать характеристики рабочего процесса. Значения давления, температуры, расхода газа и др. автоматически заносятся в системный журнал с заданными интервалами.



Лабораторные трубчатые печи

Стандартные трубчатые печи Carbolite Gero F с максимальной рабочей температурой 1350°C могут иметь как горизонтальное, так и вертикальное исполнение.

Нагревательный элемент состоит из открытого спирального (проволочного) нагревательного элемента из фехрала (CrFeAl), установленного на блоке теплоизоляции из керамического волокна. Низкая теплопроводность изоляции из керамического волокна снижает энергопотребление и обеспечивает высокую скорость нагрева. Благодаря большому выбору принадлежностей печи F являются комплексным системным решением, подходящим для выполнения сложных процессов термообработки.



F 100-500/13: Лабораторные трубчатые печи (длина зоны нагрева 500 мм, рабочая температура до 1350°C) с модулем управления.

Преимущества печей F и F-A

- Печи могут иметь как горизонтальное, так и вертикальное исполнение
- Длительный срок службы и высокая стабильность температуры
- Доступно оборудование для вакуумирования
- Доступно оборудование для работы в среде инертных и реактивных газов
- Термопара высокого класса типа S
- теплоизоляция из керамического волокна с низкой удельной теплоемкостью
- Высококачественные проволочные нагревательные элементы из фехрала (APM) толщиной 5 мм

Описание

Внутренний кожух прямоугольной формы с отверстиями для конвекции обеспечивает охлаждение внешнего кожуха. Торцевая изоляция из керамического волокна с низкой удельной теплоемкостью позволяет свести теплопотери, вызванные теплопроводностью, к минимуму. Внутри печи расположены открытые нагревательные элементы из вакуумформованного волокна, которые крепятся к теплоизоляции в керамических держателях. Также в печах F могут использоваться проволочные нагревательные элементы толщиной 5 мм. Источник питания с тяжелым силовым трансформатором низкого напряжения обеспечивает высокую стабильность температуры и длительный срок службы нагревательных элементов по сравнению с традиционными способами нагрева. Для измерения температуры в печи используется термопара высокого класса типа S. Данная печь может иметь до 8 зон нагрева для обеспечения эффективного регулирования и высокой однородности температуры.

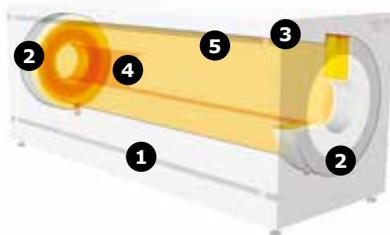
Стандартные области применения печей F и F-A

(может потребоваться дополнительное оборудование)

Закалка, отжиг, отпуск, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, кальцинация, спекание, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением, мини-установки, испытания на старение, исследования катализаторов, пиролиз, калибровка термопар, испытания топливных элементов, покрытия, химическое газофазное осаждение

Информацию о других опциях см. на стр. 28, 74 и 80

Вид изнутри



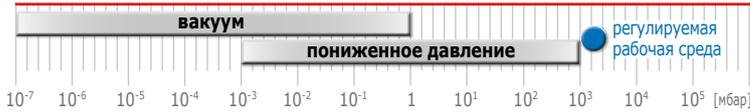
- 1 внешний кожух
- 2 торцевая теплоизоляция
- 3 теплоизоляция кожуха
- 4 нагревательные элементы
- 5 внутренняя теплоизоляция (внутренняя сторона)

Примеры использования

Длительные высокотемпературные испытания материалов, предназначенных для использования в агрессивных средах



Ежегодно в мире разрабатываются, выходят на рынок и начинают применяться в промышленности несколько новых типов материалов. В некоторых областях применения исключительно важно знать свойства, предельные возможности и длительную стабильность этих материалов при высоких температурах. Трубчатые печи F, отличающиеся исключительной стабильностью и длительностью поддержания рабочей температуры в диапазоне до 1350°C, идеально подходят для решения подобных задач, позволяя наблюдать за изменением свойств материалов под действием высоких температур в течение продолжительного времени. Так называемые испытания на температурное старение материалов являются стандартной процедурой, позволяющей обеспечить соответствие материала требованиям самых строгих стандартов или получить техническое одобрение на использование материала в специальных областях применения, в которых воздействие высоких температур исключительно велико, например, в качестве компонентов корпусов реакторов или оборудования для теплоносителей на АЭС.



F - Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1350 °C

Лабораторные раскладные трубчатые печи

Раскладные трубчатые печи Carbolite Gero F-A с максимальной рабочей температурой 1300 °C могут иметь как горизонтальное, так и вертикальное исполнение.

Раскладная конструкция печи облегчает установку рабочих трубок или даже реакторов со сложной системой циркуляции газа. Механизм открывания печи позволяет быстро охлаждать образец. Теплоизоляция выполнена из легкого многослойного керамического волокна.

Так же, как в печах F, раскладной внутренней кожух прямоугольной формы с отверстиями для конвекции обеспечивает эффективное охлаждение внешнего кожуха. В верхней части печи установлена прочная ручка. Печь надежно запирается двумя быстродействующими замками. Раскладные панели печи изготавливаются из вакуумформованного волокна, а к теплоизоляции блоков крепятся нагревательные элементы в керамических держателях. Торцевая изоляция из керамического волокна также состоит из двух частей. При открытии крышки печи срабатывает предохранительный выключатель, немедленно отключающий нагревательные элементы. Рабочая камера печи может иметь до трех зон нагрева для обеспечения эффективного регулирования и высокой однородности температуры. В качестве опции предлагаются специализированные исполнения печей и широкий набор принадлежностей.



F-A 70-200/13: Лабораторная раскладная трубчатая печь с длиной зоны нагрева 500 мм и максимальной рабочей температурой 1300 °C.

Дополнительные преимущества раскладных трубчатых печей F-A

- Рабочая трубка оснащена большими фланцами
- Рабочие трубки сложной формы (например, реакторы со сложной системой подачи и отвода газов) можно устанавливать в зону нагрева, не разбирая их
- К раскладным трубчатым печам можно приобрести прочные керамические панели для защиты нагревательных элементов и закрепления образцов.

Технические характеристики

Печи F (стандартные трубчатые печи) и F-A (раскладные трубчатые печи) могут иметь одну или три зоны нагрева.

Модель	T _{макс} [°C]	Макс. внешний диаметр дополнительной трубки [мм]	Длина зоны нагрева [мм]	Габаритные размеры (печь): ВхШхГ [мм]	Вес печи [кг]	Рекомендуемая длина трубки		Габаритные размеры (модуль управления): ВхШхГ* [мм]	Вес модуля управления [кг]	Длина зоны однородной температуры, ±5°C [мм]	Имеется версия с тремя зонами нагрева	Потребляемая мощность [кВт]	Источник питания
						в воздушной среде [мм]	в регулируемой рабочей среде [мм]						

Горизонтальные или вертикальные трубчатые печи (может потребоваться дополнительное оборудование)

F 40-200	1350	32	200	420 x 400 x 350	25	390	925	480 x 560 x 500	50	100	нет	1.2	a
F 40-500	1350	32	500	420 x 700 x 350	30	690	1225	480 x 560 x 500	50	250	да	2.4	a
F 70-200	1350	50	200	420 x 400 x 350	30	390	925	480 x 560 x 500	50	100	нет	1.5	a
F 70-500	1350	50	500	420 x 700 x 350	35	690	1225	480 x 560 x 500	50	250	да	3.0	a
F 70-750	1350	50	750	420 x 950 x 350	40	940	1475	850 x 560 x 500	60	375	да	5.4	b
F 100-200	1350	80	200	420 x 400 x 350	35	390	925	480 x 560 x 500	50	100	нет	2.1	a
F 100-500	1350	80	500	420 x 700 x 350	40	690	1225	480 x 560 x 500	60	200	да	5.2	b
F 100-750	1350	80	750	420 x 950 x 350	50	940	1475	850 x 560 x 500	70	375	да	7.8	c
F 100-1000	1350	80	1000	420 x 1200 x 350	80	1190	1725	850 x 560 x 500	90	500	да	10.4	c
F 150-500	1350	110	500	590 x 700 x 520	55	690	1225	850 x 560 x 500	70	250	да	7.8	c
F 150-750	1350	110	750	590 x 950 x 520	70	940	1475	850 x 560 x 500	90	375	да	11.4	c
F 150-1000	1350	110	1000	590 x 1200 x 520	100	1190	1725	850 x 560 x 500	90	500	да	12.0	d
F 150-1250	1350	110	1250	590 x 1450 x 520	130	1440	1975	850 x 560 x 500	90	610	да	20.0	d

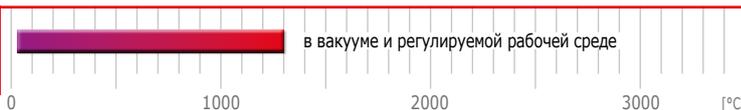
Горизонтальные или вертикальные раскладные трубчатые печи (может потребоваться дополнительное оборудование)

F-A 40-200	1300	32	200	530 x 460 x 560	35	450	985	480 x 560 x 500	50	100	нет	1.5	a
F-A 70-500	1300	50	500	530 x 680 x 560	50	670	1205	480 x 560 x 500	50	250	да	3.0	a
F-A 100-500	1300	80	500	530 x 680 x 560	75	670	1205	850 x 560 x 500	60	250	да	4.0	b

Внимание:
 - К длине модуля управления необходимо прибавить еще 150 мм, так чтобы осталось место для разъема электропитания и других разъемов
 - Источник питания: 200-240 В однофазный, или 380-415 В трехфазный
 - Минимальная длина зоны однородного нагрева при горизонтальном исполнении, теплоизоляционные заглушки установлены при температуре на 100 °C ниже максимальной

Источник питания
 a = 1-фазный (16 А) + ноль
 b = 3-фазный (16 А) + ноль
 c = 3-фазный (32 А) + ноль
 d = 3-фазный (63 А) + ноль

**AZ - Трубчатые печи с восемью зонами нагрева
и максимальной рабочей температурой 1300°C**



**Трубчатые печи с восемью зонами
нагрева для термообработки в
регулируемой рабочей среде**

**Трубчатые печи AZ могут иметь восемь зон нагрева,
регулирование температуры в которых выполняется
независимо друг от друга. Для каждой из них, по длине
зоны нагрева, создается собственный температурный
профиль.**

Данные печи разработаны на базе трубчатых печей F. Нагревательные элементы изготовлены из фехрала (CrFeAl) (также известного как APM). Диаметр проволочных нагревательных элементов из фехрала составляет 5 мм. Открытые нагревательные элементы из фехрала (CrFeAl) крепятся к панелям из керамического волокна и отличаются высокой прочностью. Легкая теплоизоляция из керамического волокна с низкой удельной теплоемкостью обеспечивает быстрый нагрев и охлаждение, а также высокую общую производительность печи. Строго симметричное расположение нагревательных элементов вдоль рабочей камеры обеспечивает уровень однородности температуры выше ± 5 K. Восемь зон нагрева и эффективная теплоизоляция в передней и задней части печи обеспечивают высокую однородность температуры по всей длине рабочей камеры. Основным преимуществом печей с восемью зонами нагрева является увеличение зоны однородной температуры. Другим преимуществом являются тщательно разработанные температурные профили, позволяющие пользователю самостоятельно регулировать линейное увеличение температуры, пиковые значения температуры и другие параметры. Это позволяет использовать печь для выполнения таких операций, как, например, испарение вещества с одной стороны образца и сублимация пара с другой (более холодной). Это лишь одна из множества операций, которые может выполнять трубчатая печь с несколькими зонами нагрева.

Регулирование температуры в каждой зоне нагрева выполняется по отдельности, а измерение температуры осуществляется с помощью термопар. Термопары проходят сквозь теплоизоляцию печи, располагаясь рядом с нагревательными элементами. К каждой термопаре подсоединяется компенсирующий кабель длиной 3 м. Защиту от перегрева обеспечивает дополнительная термопара, показания которой передаются на контроллер защиты от перегрева.



AZ-F 40-360/13: Трубчатая печь с восемью зонами нагрева, длиной зоны нагрева 360 мм и максимальной рабочей температурой 1350°C.

Преимущества

- Независимое регулирование температуры в восьми зонах нагрева (настройка температурных профилей)
- Настройка температурных градиентов, линейного увеличения/уменьшения температуры и других параметров по всей длине зоны нагрева
- Увеличение зоны однородной температуры
- Малое время нагрева и охлаждения
- Автоматическое управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

Термическое испарение и сублимация, выращивание кристаллов, сублимация, сушка, синтез, отжиг

Примеры использования

Получение кремниевых наноструктур в трубчатых печах с несколькими зонами нагрева



Наноматериалы на основе кремния могут использоваться при производстве одномерных квантовых транзисторов и светодиодов. В таких сферах применения, как литография или гравирование, термическое испарение и сублимация в трубчатой печи с несколькими зонами нагрева является наиболее экономичным способом производства. Оксид кремния в форме порошка испаряется при температуре 1350°C и конденсируется на специальных пластинах. Точное регулирование температуры в каждой зоне нагрева позволяет контролировать морфологию, размеры и состав наноструктур на основе кремния. Печи AZ - высокоэффективный инструмент для создания наноструктур.

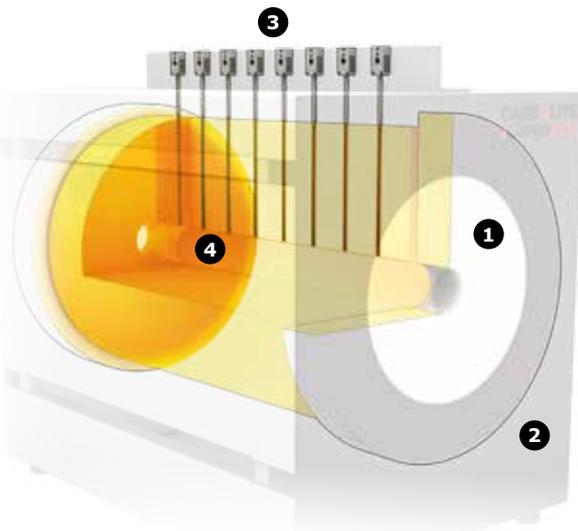


AZ - Трубчатые печи с восемью зонами нагрева и максимальной рабочей температурой 1300°C

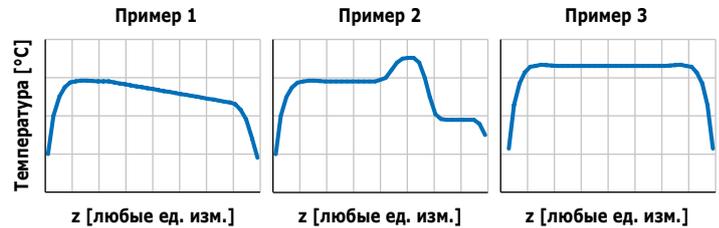
Описание

Теплоизоляция из керамического волокна состоит из нескольких слоев, разработка и сборка которых выполняются с особой тщательностью. Слои изоляции максимально плотно подогнаны друг к другу. Различные слои изоляции всегда укладываются с некоторым наложением друг на друга для обеспечения высокой однородности температуры внутри печи. На раме печи также установлен контроллер, обеспечивая компактность оборудования, а сенсорный дисплей облегчает управление работой печи. Кожух печи имеет отверстия для конвекционного охлаждения наружным воздухом. Водяное охлаждение требуется только при использовании охлаждаемых фланцев на концах рабочей трубки, т.е. в случае установки вакуумного насоса.

Вид изнутри



- 1 теплоизоляция из керамического волокна
- 2 внешняя рама
- 3 восемь термодатчиков для измерения температуры
- 4 полезный объем



Печь имеет три стандартных температурных профиля, а восемь зон нагрева обеспечивают высокую эксплуатационную гибкость.

Опции

Оборудование для создания вакуума:

Печи AZ могут оснащаться рабочими трубками из:

- жаростойкой стали
- кварца
- керамики

К рабочей трубке подсоединяется вакуумный насос. Турбомолекулярный насос имеет скорость вакуумирования от 300 л/с. В качестве форвакуумных насосов могут использоваться двухступенчатые роторно-лопастные насосы. Насосы других типов предоставляются по запросу. По запросу может быть установлена система быстрого охлаждения. Подробную информацию о рабочих трубках см. на стр. 82.

Программное обеспечение:

Для управления печами используется пользовательский интерфейс программного обеспечения контроллеров серии Mini 8. В памяти может храниться до 12 программ, состоящих из 15 сегментов. Температура в восьми зонах нагрева печи регулируется значениями уставки, а фактические значения температуры отображаются на дисплее и заносятся в системный журнал. Печи с автоматическим управлением оснащаются системой защиты от перегрева. Управление работой печи выполняется полностью автоматически. Данные заносятся в системный журнал, позволяя вести необходимую статистику.



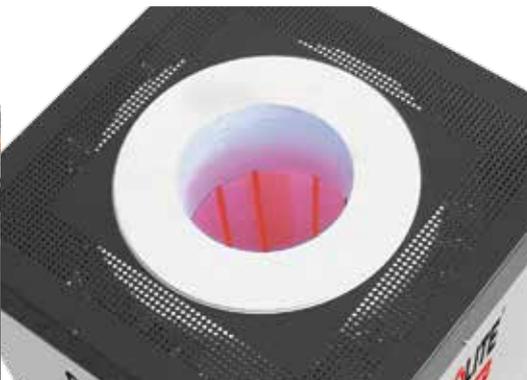
Сенсорный дисплей панели оператора

Технические характеристики

Модель	T _{макс} [°C]	Габаритные размеры: ВхШхГ [мм]	Диаметр дополнительной рабочей трубки [мм]	Длина зоны нагрева [мм]	Вес с упаковкой [кг]	Потребляемая мощность [кВт]	Напряжение [В]	Ток [А]	Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]
AZ 40-360/13	1350	990 x 1800 x 500	32	360	500	1.5	400 (3P)	3 x 4	3 x 16
AZ 70-430/13	1350	990 x 1800 x 500	50	430	550	2.9	400 (3P)	3 x 9	3 x 16
AZ 100-810/13	1350	990 x 1800 x 500	80	810	600	7.3	400 (3P)	3 x 12	3 x 16
AZ 150-1000/13	1350	1200 x 1800 x 520	110	1000	650	11.3	400 (3P)	3 x 19	3 x 25

Трубчатые печи или печи с неохлаждаемым кожухом с данным диапазоном рабочей температуры оснащаются нагревательными элементами из дисилицида молибдена (MoSi_2), обеспечивающими максимальную рабочую температуру 1800 °C. Все прочие печи оснащаются охлаждаемыми кожухами, то есть имеют водяное охлаждение. Максимальная возможная рабочая температура печей составляет 3000 °C. В описании каждой печи указывается наиболее характерная и распространенная область применения.

1300 °C - 3000 °C



Диапазон температур 1300–3000 °C	Модели	Страница
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, горизонтальные	HTRH	28
Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C, вертикальные	HTRV	30
Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1700 °C, вертикальные	HTRV-A	31
Водородные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1600 °C	HTRH-H ₂	32
Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTK	34
Камерные печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C	HTK	40
Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HVO	42
Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C	HV	46
Печи с нижней загрузкой с максимальной рабочей температурой 2200 °C	HTBL	48
Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C	LHT	52
Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800 °C	BV-HTRV	56
Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450 °C	PDS	58

HTRH - Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °С, горизонтальные



Трубчатые печи для высокотемпературной обработки, горизонтальные

Горизонтальные трубчатые печи для высокотемпературной обработки Gero HTRH с максимальной рабочей температурой 1800 °С.

Высококачественная теплоизоляция печей изготавливается из вакуумформованного огнеупорного волокна. Низкая теплопроводность этого материала гарантирует высокий уровень нагрева при малом энергопотреблении. Теплоизоляция и нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi_2) устанавливаются в кожух прямоугольной формы. Нагревательные элементы устанавливаются внутри рабочей камеры (см. рисунок) в подвесном положении и при необходимости легко заменяются. При высоких температурах и в присутствии кислорода на поверхности нагревательных элементов из дисилицида молибдена (MoSi_2) создается слой диоксида кремния (SiO_2), который защищает нагревательные элементы от тепловой или химической коррозии. Благодаря широкому ассортименту принадлежностей универсальные печи HTRH являются комплексным оборудованием для термообработки в широком диапазоне температур.



HTRH 40-100/18: Горизонтальные трубчатые печи для высокотемпературной обработки (без модуля управления) с длиной зоны нагрева 100 мм и максимальной рабочей температурой 1800 °С.

Преимущества

- Высокая стабильность температуры в течение длительного времени
- Доступно оборудование для создания вакуума
- Доступно оборудование для работы в среде инертных и реактивных газов
- Термопара высокого класса типа В
- Теплоизоляция из керамического волокна с низкой удельной теплоемкостью
- Высококачественные нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi_2) крепятся к теплоизоляции в подвесном положении
- Кожух прямоугольной формы с отверстиями для конвекционного охлаждения
- Имеются печи с одной и тремя зонами нагрева

Опции

(доступно для всех трубчатых печей)

- Каскадный контроллер
- Система защиты от перегрева (рекомендуется для защиты ценных образцов и для печей с автоматическим управлением)
- Предлагается широкая линейка современных цифровых контроллеров, мультисегментных программирующих устройств и устройств для регистрации данных, которые подключаются через порты RS232, RS485 или интерфейс связи Ethernet (см. стр. 74)

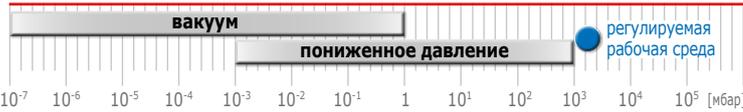
Примеры использования

Калибровка датчиков температуры (например, термопар)



Оболочка для калибровки термопар

Сегодня, когда число областей применения, в которых используется высокотемпературная обработка, неуклонно растет, все большую важность приобретает точность определения температуры, как при контроле качества существующих материалов, так и при разработке новых. Высокую точность калибровки датчиков температуры любых типов может обеспечить только печь, отличающаяся стабильным и однородным нагревом. Горизонтальные трубчатые печи HTRH отличаются исключительно высокой стабильностью и однородностью нагрева, как при средних, так и при высоких рабочих температурах до 1800 °С. Научно-исследовательские институты в различных странах мира, занимающиеся проблемами точности измерения и калибровки, используют трубчатые печи Carbolite Gero как надежный прецизионный инструмент в целях калибровки датчиков и контроля качества.



HTRH - Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800°C, горизонтальные

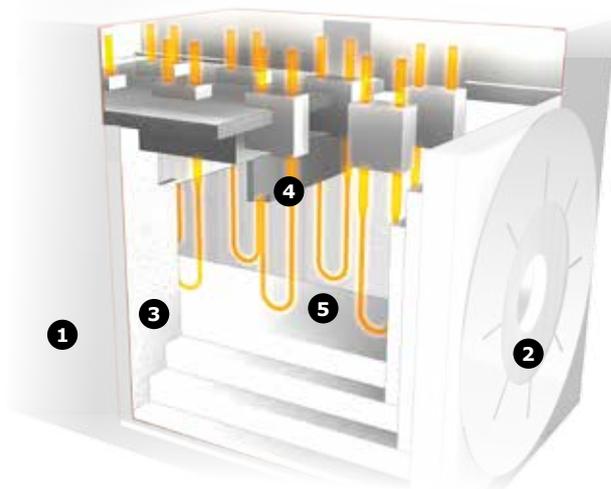
Печи HTRH с тремя зонами нагрева

Вид изнутри

Разделение рабочей камеры печи на 3 зоны нагрева позволяет повысить однородность температуры.

Каждая зона нагрева имеет собственный контроллер и термоду. Это особенно эффективно при выполнении предварительного нагрева газов, подаваемых в печь для осуществления химической реакции.

Трубчатые печи HTRH не оснащаются встроенной рабочей трубкой (заказывается отдельно). Длина рабочей трубки зависит от области применения, в частности от того, выполняется ли термообработка в регулируемой рабочей среде или в вакууме.



- 1 внешний кожух
- 2 торцевая теплоизоляция из керамического волокна
- 3 теплоизоляция кожуха из керамического волокна
- 4 нагревательные элементы
- 5 внутренняя теплоизоляция из керамического волокна

Стандартные области применения

Закалка, отжиг, отпуск, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, кальцинация, спекание, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением, мини-установки, испытания на старение, исследования катализаторов, пиролиз, калибровка термоду, испытания топливных элементов, покрытия, химическое газофазное осаждение

Технические характеристики

Модель	T _{max} [°C]	Макс. внешний диаметр дополнительной трубки [мм]	Длина зоны нагрева [мм]	Габаритные размеры: ВхШхГ [мм]	Вес печи [кг]	Рекомендуемая длина трубки		Габаритные размеры: ВхШхГ* [мм]	Вес модуля управления [кг]	Длина зоны однородного нагрева, ±5°C [мм]	Потребляемая мощность [кВт]	Источник питания
						для воздушной среды [мм]	для регулируемой рабочей среды [мм]					
Горизонтальные печи с одной зоной нагрева												
HTRH 40-100	1600, 1700, 1800	40	100	510 x 390 x 420	45	380	915	480 x 560 x 500	50	50	2.2	a
HTRH 40-250	1600, 1700, 1800	40	250	510 x 540 x 420	45	530	1065	480 x 560 x 500	50	125	3.6	a
HTRH 40-500	1600, 1700, 1800	40	500	510 x 790 x 420	60	780	1275	850 x 560 x 500	90	250	8	c
HTRH 70-150	1600, 1700, 1800	70	150	620 x 450 x 520	90	440	975	480 x 560 x 500	60	75	4.5	b
HTRH 70-300	1600, 1700, 1800	70	300	620 x 590 x 520	65	580	1115	850 x 560 x 500	60	150	6.4	b
HTRH 70-600	1600, 1700, 1800	70	600	620 x 890 x 520	90	880	1415	850 x 560 x 500	90	300	8	c
HTRH 100-150	1600, 1700, 1800	100	150	620 x 450 x 520	120	440	975	480 x 560 x 500	60	75	4.8	b
HTRH 100-300	1600, 1700, 1800	100	300	620 x 590 x 520	65	580	1115	850 x 560 x 500	90	150	7.5	c
HTRH 100-600	1600, 1700, 1800	100	600	620 x 890 x 520	90	880	1415	850 x 560 x 500	90	300	10.9	c
HTRH 150-300	1600, 1700, 1800	150	300	670 x 590 x 570	120	580	1115	850 x 560 x 500	90	150	8	c
HTRH 150-600	1600, 1700, 1800	150	600	670 x 890 x 570	140	880	1415	850 x 560 x 500	90	300	12	c
HTRH 200-300	1600, 1700, 1800	200	300	720 x 590 x 620	180	580	1115	850 x 560 x 500	90	150	10	c
HTRH 200-600	1600, 1700, 1800	200	600	720 x 890 x 620	140	880	1415	850 x 560 x 500	90	300	12	c
Горизонтальные печи с тремя зонами нагрева												
HTRH 70-600/___-3	1600, 1700, 1800	70	600	620 x 890 x 520	120	880	1415	850 x 560 x 500	180	350	8	c
HTRH 100-600/___-3	1600, 1700, 1800	100	600	620 x 890 x 520	120	880	1415	850 x 560 x 500	180	350	10.9	c
HTRH 150-600/___-3	1600, 1700, 1800	150	600	670 x 890 x 570	180	880	1415	850 x 560 x 500	180	350	12	c

Внимание:
 - К длине модуля управления необходимо прибавить еще 150 мм, так чтобы осталось место для разъема электропитания и других разъемов
 - Источник питания: 200-240 В однофазный, или 380-415 В трехфазный
 - Минимальная длина зоны однородного нагрева при горизонтальном исполнении, теплоизоляционные заглушки установлены при температуре на 100°C ниже максимальной
 - Максимальная температура непрерывной работы на 100°C ниже максимальной рабочей температуры

Источник питания
 a = 1-фазный (16 A) + нуль
 b = 3-фазный (16 A) + нуль
 c = 3-фазный (32 A) + нуль
 d = 3-фазный (63 A) + нуль

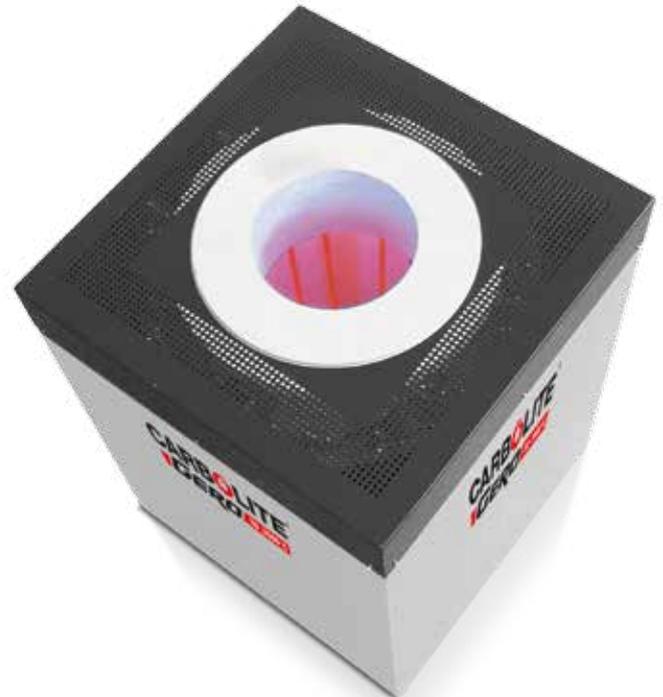
HTRV - Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °С, вертикальные



Трубчатые печи для высокотемпературной обработки, вертикальные

Высокотемпературные трубчатые печи HTRV имеют вертикальное исполнение и максимальную рабочую температуру до 1800 °С.

Высококачественная теплоизоляция из вакуумформованного волокна с низкой теплопроводностью гарантирует низкое энергопотребление и высокую скорость нагрева. Теплоизоляция и нагревательные элементы из дисилицида молибдена ($MoSi_2$) устанавливаются в кожухе прямоугольной формы. Нагревательные элементы устанавливаются внутри рабочей камеры (см. рисунок) в подвешенном положении и при необходимости легко заменяются. При высоких температурах и в присутствии кислорода на поверхности нагревательных элементов из дисилицида молибдена ($MoSi_2$) создается слой диоксида кремния (SiO_2), который защищает нагревательные элементы от тепловой или химической коррозии. Благодаря широкому ассортименту принадлежностей универсальные печи HTRV являются комплексным оборудованием для термообработки в широком диапазоне температур.



HTRV 40-100/18: Вертикальные трубчатые печи с длиной зоны нагрева 100 мм и максимальной рабочей температурой 1800 °С.

Преимущества печей HTRV и HTRV-A

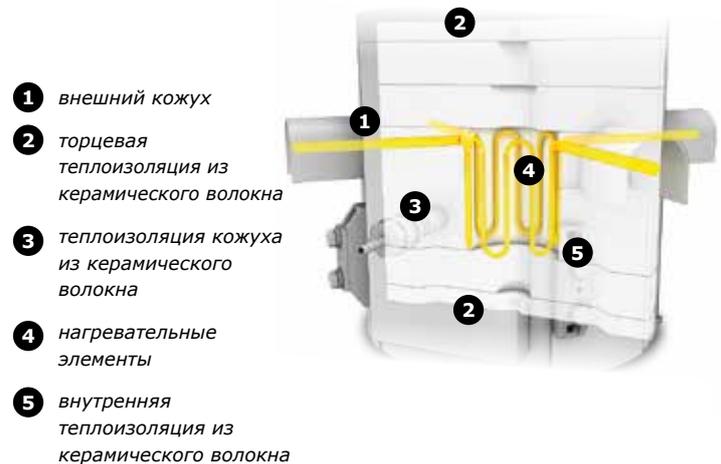
- Вертикальное исполнение Доступно оборудование для создания вакуума
- Доступно оборудование для работы в среде инертных и реактивных газов
- Термопара высокого класса типа В
- Теплоизоляция из керамического волокна с низкой удельной теплоемкостью
- Высококачественные нагревательные элементы из дисилицида молибдена ($MoSi_2$) крепятся к теплоизоляции печи в подвешенном положении
- Кожух прямоугольной формы с отверстиями для конвекционного охлаждения

Информацию о других опциях см. на стр. 28, 74 и 80

Стандартные области применения печей HTRV и HTRV-A

(может потребоваться дополнительное оборудование)
 Закалка, отжиг, отпуск, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, кальцинация, спекание, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением

Печь HTRV-A, вид изнутри



Примеры использования

Расплавление различных пород для вулканологических исследований



Специфической областью применения трубчатых печей HTRV является определение вязкости (текучести) расплавленных пород вулканического, или магматического, происхождения. Эти породы нагреваются в диапазоне температур до 1800 °С на предмет изучения их поведения. Фундаментальные исследования свойств расплавленных или частично расплавленных пород позволяют предсказать их поведение, например, при извержении вулканов или землетрясениях. Информация о вязкости этих слоев играет важную роль при создании компьютерных моделей, которые могут дать надежную оценку рисков извержения вулкана или землетрясения на определенной территории. С увеличением населения в местах, подверженных риску извержения или землетрясения (например, в Калифорнии или Японии) растет и важность фундаментальных исследований, способных предсказать возникновение опасных ситуаций и спасти множество жизней.



HTRV-A - Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1700°C, вертикальные

Раскладные трубчатые печи для высокотемпературной обработки, вертикальные

Вертикальные раскладные трубчатые печи HTRV-A имеют максимальную рабочую температуру 1700 °C.

Раскладная конструкция печей облегчает установку рабочей трубки или даже реакторов со сложной системой циркуляции газа, а также обеспечивает быстрый нагрев и охлаждение образцов. Теплоизоляция выполнена из легкого многослойного керамического волокна. Для измерения температуры печи также оснащаются термопарой, устанавливаемой в центре зоны нагрева. Компания Carbolite Gero предлагает широкий спектр модификаций и опций, позволяя создать идеальный инструмент для термообработки с учетом любых требований заказчиков.

Раскладной внутренний кожух прямоугольной формы оснащен отверстиями, обеспечивающими конвекционное охлаждение внешнего кожуха, как в стандартных печах HTRV. Раскладные блоки печи обшиты высококачественными теплоизоляционными пластинами, к которым в подвесном положении крепятся нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi₂). При открытии крышки печи срабатывает предохранительный выключатель, немедленно отключающий нагревательные элементы.



HTRV-A 70-250/17: Вертикальная раскладная трубчатая печь для высокотемпературной обработки с длиной зоны нагрева 250 мм и максимальной рабочей температурой 1700 °C.

Дополнительные преимущества печей HTRV-A

- Рабочая трубка оснащена большими фланцами
- Трубки сложной формы (например, реакторы со сложной системой подачи и отвода газов) можно устанавливать в зону нагрева, не разбирая их

Технические характеристики

Модель	T _{max} [°C]	Макс. внешний диаметр дополнительной трубки [мм]	Длина зоны нагрева [мм]	Габаритные размеры: ВхШхГ [мм]	Вес печи [кг]	Рекомендуемая длина трубки		Габаритные размеры: ВхШхГ* [мм]	Вес модуля управления [кг]	Длина зоны однородного нагрева, ±5°C [мм]	Потребляемая мощность [кВт]	Источник питания
						для воздушной среды [мм]	для регулируемой рабочей среды [мм]					
HTRV 40-100	1600, 1700, 1800	40	100	365 x 455 x 455	30	355	890	480 x 560 x 500	50	50	2	a
HTRV 40-250	1600, 1700, 1800	40	250	515 x 455 x 455	40	505	1040	480 x 560 x 500	50	125	3	a
HTRV 40-500	1600, 1700, 1800	40	500	765 x 455 x 455	65	755	1290	850 x 560 x 500	60	250	6	b
HTRV 70-100	1600, 1700, 1800	70	100	365 x 455 x 455	30	355	890	480 x 560 x 500	50	50	3	a
HTRV 70-250	1600, 1700, 1800	70	250	515 x 455 x 455	40	505	1040	850 x 560 x 500	60	125	4.8	b
HTRV 70-500	1600, 1700, 1800	70	500	765 x 455 x 455	65	755	1290	850 x 560 x 500	90	250	8	c
HTRV 100-250	1600, 1700, 1800	100	250	515 x 455 x 455	45	505	1040	850 x 560 x 500	60	125	6.4	b
HTRV 100-500	1600, 1700, 1800	100	500	765 x 455 x 455	70	755	1290	850 x 560 x 500	90	250	10.4	c
HTRV 150-250	1600, 1700, 1800	150	250	515 x 580 x 580	55	505	1040	850 x 560 x 500	90	125	8	c
HTRV 150-500	1600, 1700, 1800	150	500	765 x 580 x 580	80	755	1290	850 x 560 x 500	90	250	12	d
HTRV 200-250	1600, 1700, 1800	200	250	515 x 580 x 580	70	505	1040	850 x 560 x 500	90	125	10	c
HTRV 200-500	1600, 1700, 1800	200	500	365 x 580 x 580	95	355	890	850 x 560 x 500	90	250	18.5	d

Вертикальные трубчатые печи

Вертикальные раскладные трубчатые печи

HTRV-A 70-250	1600, 1700	70	250	800 x 600 x 890 (с рамой)	75	600	1040	850 x 560 x 500	90	125	6	c
----------------------	------------	----	-----	---------------------------	----	-----	------	-----------------	----	-----	---	---

Внимание:
 - К длине модуля управления необходимо прибавить еще 150 мм, так чтобы осталось место для разъема электропитания и других разъемов
 - Источник питания: 200-240 В однофазный, или 380-415 В трехфазный
 - Минимальная длина зоны однородного нагрева при горизонтальном исполнении, теплоизоляционные заглушки установлены при температуре на 100°C ниже максимальной
 - Максимальная температура непрерывной работы на 100°C ниже максимальной рабочей температуры

Источник питания
 a = 1-фазный (16 А) + ноль
 b = 3-фазный (16 А) + ноль
 c = 3-фазный (32 А) + ноль
 d = 3-фазный (63 А) + ноль



Трубчатые печи для термообработки в среде водорода

Водородные трубчатые печи производятся на базе широко известных печей HTRH 100-600/16, в конструкцию которых были внесены изменения для соответствия всем необходимым требованиям по безопасной работе с водородом.

Практически любую печь можно переоборудовать для безопасной термообработки в среде водорода. Водородные трубчатые печи производятся на базе широко известных печей HTRH 100-600/16. Керамическая рабочая трубка с обоих концов оснащается герметичными фланцами с водяным охлаждением. Печи данной серии позволяют выполнять термообработку с рабочей температурой до 1600°C даже в среде чистого водорода. Из соображений безопасности перед подачей водорода в керамическую рабочую трубку автоматически подается инертный газ, находящийся под давлением в специальном баллоне. Чтобы вытеснить оставшийся кислород из рабочей трубки перед началом термообработки, инертный газ из баллона подается в рабочую камеру, а затем баллон заполняется снова. Система отведения газов из рабочей камеры подсоединяется к камере дожигания, в которой сжигается отводимый водород.

Для предотвращения конденсации также выполняется подогрев системы газоотведения. Сгорание в камере дожигания осуществляется при подаче в нее сжатого воздуха и пропана. В камере дожигания может сжигаться не только водород, но и связующие вещества, испаряющиеся при нагреве образца.

Управление газами осуществляет регулятор массового расхода. При возникновении какой-либо неисправности система автоматически переходит в безопасный режим. Все используемое оборудование имеет сертификат соответствия требованиям безопасности SIL2. В верхней части печи устанавливается датчик водорода, который немедленно срабатывает при возникновении утечки. При обнаружении утечки в печь подается инертный газ, и система автоматически переходит в безопасный режим. Управление печью осуществляется с помощью удобного сенсорного дисплея.

Все трубчатые печи могут быть переоборудованы для термообработки в среде водорода, таким образом можно выбрать необходимый полезный объем и рабочую температуру. Для термообработки в среде водорода при температуре выше 1800°C имеются печи с охлаждаемыми кожухами.

Стандартные области применения

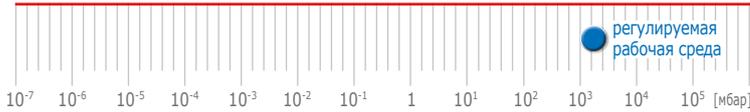
Отжиг, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением



HTRH 100-600/16: Водородная трубчатая печь с длиной зоны нагрева 600 мм и максимальной рабочей температурой 1600°C. Данные печи позволяют выполнять термообработку в среде чистого водорода, и оснащены всем необходимым защитным оборудованием.

Преимущества

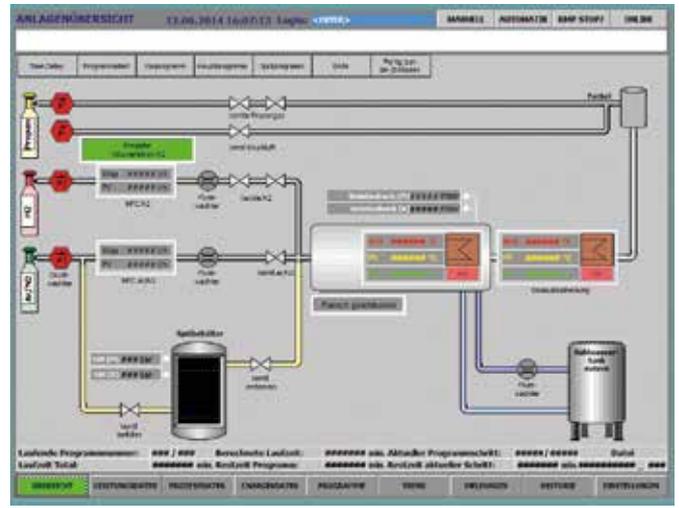
- Возможность использования водорода 100% чистоты
- Защитное оборудование: камера дожигания и баллон с газом для продувки
- Печи оснащаются всем защитным оборудованием, необходимым для работы с водородом
- Вытеснение кислорода из рабочей камеры инертным газом
- Автоматическое управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества



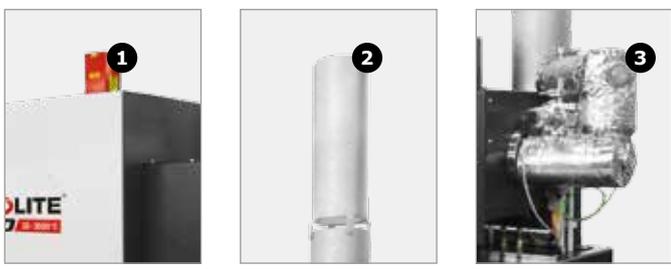
HTRH-H₂ - Водородные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1600 °C



Специальный баллон, заполняемый азотом под давлением 8 бар, является опцией, необходимой для обеспечения безопасности при работе с водородом.



Для автоматического управления работой печи используется сенсорный дисплей, с помощью которого можно управлять всеми клапанами, температурой, расходом газа и т. д. по определенной программе.



- 1 Датчик водорода
- 2 камера дожига
- 3 система газоотведения с подогревом
- 4 сенсорный дисплей системы автоматического управления

Опции

Оборудование для создания вакуума:

Трубчатые печи могут оснащаться рабочими трубками из

- жаростойкой стали
- кварца
- керамики

К рабочей трубке подсоединяется вакуумный насос. Турбомолекулярный насос имеет скорость вакуумирования от 300 л/с. В качестве форвакуумных насосов используются двухступенчатые роторно-лопастные насосы. Насосы других типов предоставляются по запросу. Система быстрого охлаждения также предоставляется по запросу. Информацию о рабочих трубках см. на стр. 82.

Трубчатые печи:

Трубчатые печи, начиная с F, HTRH и HTRV, могут оснащаться опциональным оборудованием для работы с водородом, описанным выше.

Примеры использования

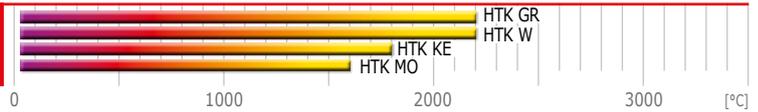
Термообработка магнитомягких материалов



В некоторых специфических областях применения или при проведении точных измерений требуется обеспечить надежную защиту от электромагнитного излучения. Как правило, в качестве экранов защиты от электромагнитного излучения используются материалы с высокой магнитной проницаемостью. Одним из таких материалов является так называемый мю-металл, который для получения необходимых свойств требует термообработки в среде водорода при температуре около 1200 °C в течение нескольких часов. После термообработки мю-металл требует осторожного обращения во избежание ухудшения полученных магнитных свойств.

Фольга, изготовленная из мю-металла, обеспечивает эффективную защиту от электромагнитного излучения. Публикуется с разрешения компании Vacuumschmelze.

НТК - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200°C



Камерные печи для термообработки при высоких температурах

Печи НТК предлагаются в трех исполнениях: с теплоизоляцией из графита, металла (вольфрама или молибдена) или керамического волокна. Эти материалы позволяют использовать печи в самых разных областях применения.

Прямоугольная форма кожуха с передней дверцей облегчает загрузку/разгрузку образцов. Печи НТК предлагаются в шести различных типоразмерах. Самые компактные печи с объемом рабочей камеры от 8 до 25 л обычно используются в научно-исследовательских лабораториях. Печи с объемом рабочей камеры 80, 220, 400 или 600 л, как правило, используются для изготовления опытных образцов или серийного производства продукции. Печи НТК GR имеют графитовую теплоизоляцию и графитовые нагревательные элементы. Максимальная рабочая температура 2200°C позволяет использовать печи НТК GR для решения самых сложных задач термообработки. По запросу печь может оснащаться графитовой ретортой для точного регулирования рабочей среды в печи. При термообработке с активным газообразованием реторта защищает нагревательные элементы и увеличивает срок службы печи. Также реторта позволяет добиться уровня однородности температуры не ниже $\pm 10^\circ\text{C}$. Данные печи предназначены для обработки образцов в среде низкого/высокого вакуума, защитных газов (например, азота/аргона), а также реактивных газов, например, водорода или монооксида углерода. Печи НТК GR не предназначены для термообработки в среде кислорода.

Печи с теплоизоляцией из вольфрама (НТК W) или молибдена (НТК MO) позволяют добиться максимальной возможной чистоты используемого инертного газа, а также наиболее высокого уровня конечного вакуума. Можно создавать высокий вакуум в качестве рабочего (5×10^{-6} мбар). По запросу печи оснащаются оборудованием для создания даже сверхвысокого вакуума. Стандартные используемые газы: азот, аргон, водород, а также смеси этих газов. Нагревательные элементы изготавливаются из тех же металлов, что и теплоизоляция. Теплоизоляция печи включает в себя несколько экранов защиты от излучений, изготавливаемых из вольфрама или молибдена. Реторта может использоваться как для циркуляции определенных газов, так и для улучшения однородности температуры. Максимальная рабочая температура печей НТК W составляет 2200°C, а печей НТК MO - 1600°C.

Печи с теплоизоляцией из керамического волокна (НТК KE) могут использоваться для термообработки в среде кислородных смесей или даже чистого кислорода. Проволочные нагревательные элементы изготавливаются как из фехрала (CrFeAl), позволяя создавать рабочую температуру до 1350°C, так и из дисилицида молибдена (MoSi_2), позволяя создавать рабочую температуру до 1800°C. Также возможно использование инертных газов, но необходимо учитывать, что данные печи не предназначены для создания рабочих сред высокой степени чистоты. Пористый материал теплоизоляции позволяет выполнять термообработку только в среде низкого вакуума и в течение непродолжительного времени.



НТК 400 GR/22: Камерные печи для термообработки при высоких температурах с полезным объемом 400 л, рабочей температурой до 2200°C и автоматическим управлением с сенсорного дисплея

Преимущества

- Печи с металлической теплоизоляцией позволяют выполнять точное регулирование рабочей среды при максимальной чистоте (6N или выше)
- Металлическая теплоизоляция печей обеспечивает максимальный достижимый уровень вакуума
- Печи с графитовой теплоизоляцией имеют максимальную возможную рабочую температуру
- По запросу печи могут оснащаться оборудованием для термообработки в среде водорода при пониженном давлении
- Печи НТК KE могут использоваться для термообработки в воздушной среде или в среде чистого кислорода
- Термообработка образцов в форме порошков может выполняться в среде регулируемого давления
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

Печи НТК с графитовой теплоизоляцией:

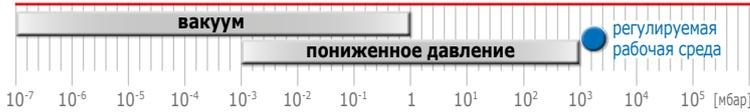
Пиролиз, спекание, силицирование, графитизация и термообработка технической керамики на основе карбида кремния (SiC), нитрида кремния (SiN), технического углерода (VC), нитрида алюминия (ALN) и их комбинаций

Печи НТК с металлической теплоизоляцией:

Литье металлических порошков под давлением, термообработка в рабочих средах, не содержащих углерода, спекание, металлизация и т.д.

Печи НТК с теплоизоляцией из керамического волокна:

Литье керамики под давлением, удаление связующих веществ и спекание в воздушной среде



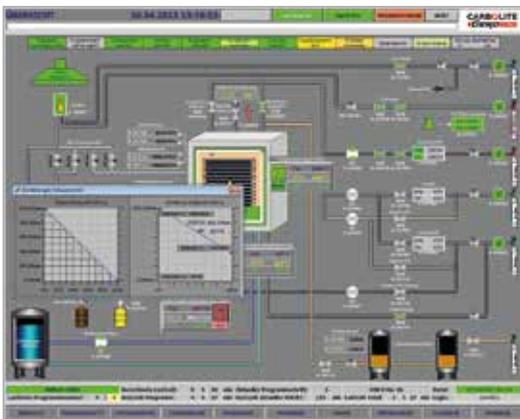
НТК - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200°C

Описание

Нагревательные элементы размещаются в рабочей камере печи с четырех сторон: снизу, слева, справа и сверху. Это позволяет добиться высокой однородности температуры. Печи с большим полезным объемом оснащаются нагревательными элементами также в передней и задней части рабочей камеры, так как с увеличением объема для обеспечения высокой однородности температуры требуется использование дополнительных нагревательных элементов. Печи НТК с любым объемом рабочей камеры отличаются превосходной однородностью температуры. Печи НТК W, НТК MO, НТК GR и НТК KE оснащаются кожухом с водяным охлаждением, поэтому в каталоге печи НТК отмечены как печи с охлаждаемыми кожухами. Охлаждающая вода подается между двойными стенками кожуха.

По запросу печи НТК GR могут иметь рабочую температуру до 3000°C. Для этого печи должны быть оснащены

теплоизоляцией необходимой толщины, нагревательными элементами специальной формы и пирометром для регулирования температуры. Оптический пирометр позволяет определять температуру по цвету теплоизлучения. Пирометр не устанавливается внутрь печи, а снимает показания через смотровое окошко. Пирометр используется, только если в процессе нагрева наблюдается достаточный уровень теплоизлучения, то есть при температурах от 400°C. При более низких температурах используется скользящая термопара. Из-за высокого давления паров графита термообработка при температуре 3000°C возможна только в среде инертных газов. Под действием этого давления в рабочую среду высвобождается углерод. Если образец не следует подвергать воздействию углерода, термообработку необходимо выполнять в печах с металлической теплоизоляцией. Подробную информацию о печах с рабочей температурой 3000°C см. в разделе "Печи SERIE 3000".



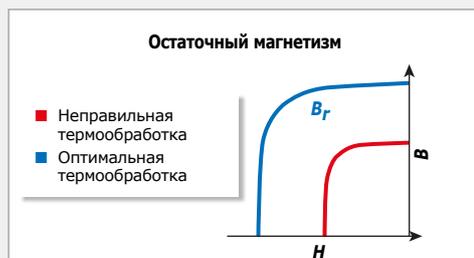
Пример графического интерфейса панели оператора



НТК 8 GR/22: Камерные печи с полезным объемом 8 л и максимальной рабочей температурой до 2200°C. Графитовая теплоизоляция печей состоит из нескольких слоев. Внутри нагревательной cassette находится реторта, положение которой строго симметрично.

Примеры использования

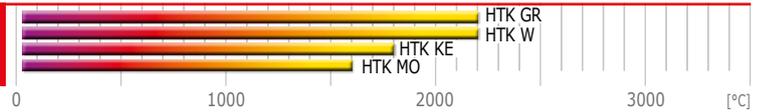
Спекание магнитных материалов в печах НТК с металлической теплоизоляцией



При должном выполнении термообработки наблюдается высокий остаточный магнетизм магнитных материалов B_r (синяя кривая). При несоблюдении условий термообработки (красная кривая) остаточный магнетизм ухудшается. Термообработка должна выполняться с большой тщательностью.

Магнитные материалы используются в различных областях применения: в качестве компонентов электрогенераторов, трансформаторов, электродвигателей, а также в качестве магнитопроводов. Для увеличения эффективности и качества работы данных устройств необходимо использовать высококачественные магнитные материалы, обладающие такими свойствами, как высокий остаточный магнетизм (B_r) для магнитотвердых материалов (постоянные магниты) или высокая начальная магнитная проницаемость для магнитомягких материалов. Объем рынка продукции с использованием магнитомягких материалов составляет примерно 7×10^6 т в год. Задать материалу нужные магнитные свойства и улучшить их позволяет термообработка. Во избежание окисления термообработка должна выполняться в максимально чистой рабочей среде (в вакууме или водороде). Печи НТК с металлической теплоизоляцией идеально подходят для решения подобных задач. Автоматическое управление процессом обеспечивает высокую воспроизводимость и надежность термообработки. По запросу печи НТК могут оснащаться защитной камерой с перчатками для обеспечения безопасной загрузки/разгрузки образцов.

HTK - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C



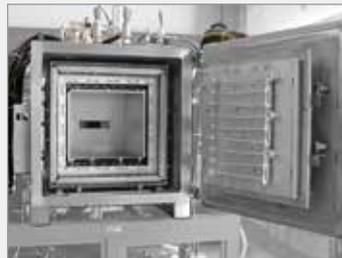
В печах HTK используются теплоизоляция и нагревательные элементы трех типов, что позволяет использовать эти печи в самых разных областях применения.

Печи с графитовой теплоизоляцией



Данные печи предназначены для обработки образцов в среде вакуума/высокого вакуума, защитных газов (например, азота/аргона), а также реактивных газов, например, водорода или монооксида углерода. Данные печи не предназначены для термообработки в воздушной среде. Такие печи могут применяться для термообработки технической керамики на основе карбида кремния (SiC), нитрида кремния (SiN), технического углерода (BC), нитрида алюминия (ALN) и их комбинаций. На предприятиях, занимающихся производством изделий из композитных материалов, такие печи используются для пиролиза, спекания, силицирования и карбонизации.

Печи с теплоизоляцией из молибдена и вольфрама



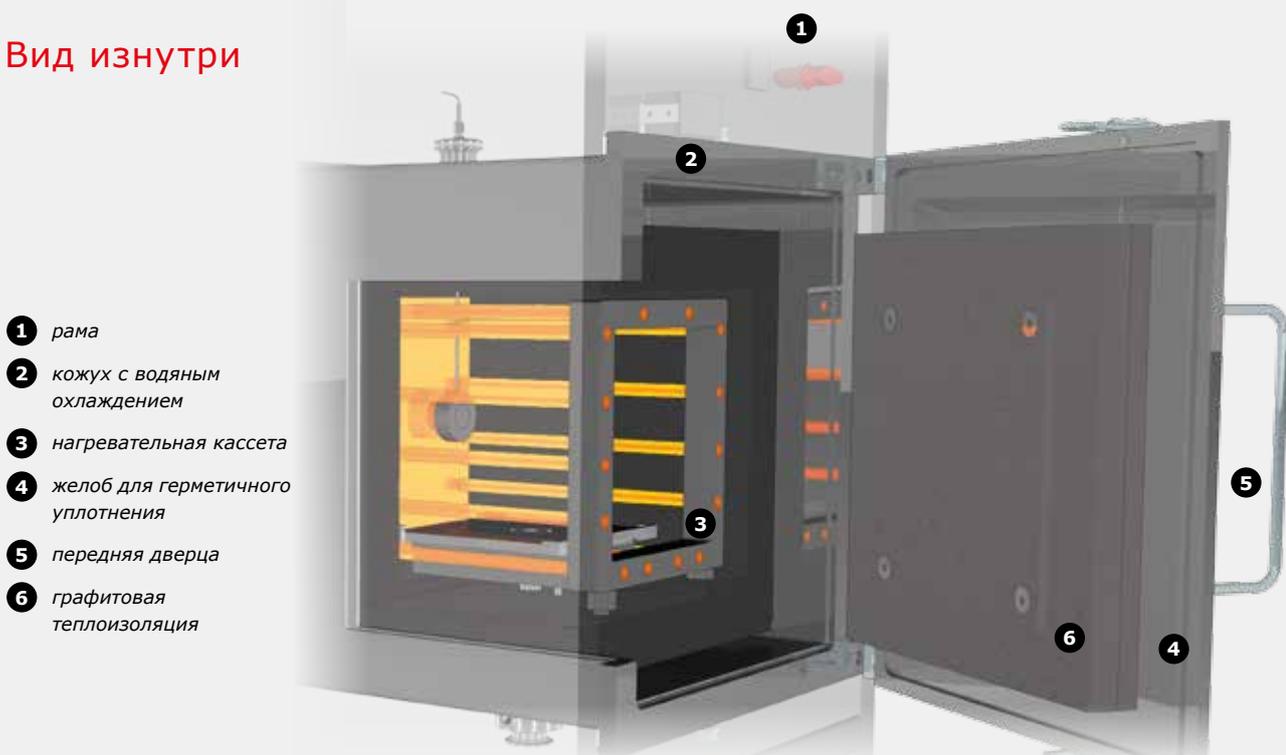
Данные печи не имеют волокнистой изоляции, что позволяет создать максимально чистую среду обработки или максимальный конечный вакуум. Специальная конструкция печи предназначена для образцов, требующих обработки в средах, не содержащих углерода. Такие печи находят применение в следующих областях: производство осветительных приборов, литье металлических порошков под давлением, термообработка сапфиров, металлов, спекание топливных таблеток в атомной промышленности, производство радарных трубок, металлизация керамических компонентов, высокотемпературная пайка в среде высокого вакуума и т. д.

Печи с теплоизоляцией из керамического волокна

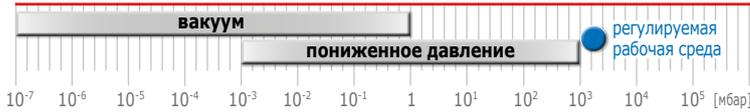


Камерные печи с теплоизоляцией из керамического волокна предназначены для обработки материалов в среде с заданным содержанием кислорода или в среде со 100% содержанием кислорода. Обработка с использованием азота или аргона также возможна, однако рабочая среда в таком случае уже не будет настолько чистой. Допускается обработка изделий из пьезокерамики, а также спекание любых оксидных материалов. Такие печи применяются также для термообработки металлов, выращивания кристаллов и производства керамических порошков.

Вид изнутри



- 1 рама
- 2 кожух с водяным охлаждением
- 3 нагревательная кассета
- 4 желоб для герметичного уплотнения
- 5 передняя дверца
- 6 графитовая теплоизоляция



Опции

управление. Если печь не используется для работы с опасными газами, можно приобрести версию с ручным управлением. При работе с реактивными газами, например водородом, должны использоваться только печи с автоматическим управлением, оснащенные необходимым защитным оборудованием (в соответствии с требованиями SIL2).

Оборудование для создания вакуума:

Все печи НТК могут оснащаться вакуумными и форвакуумными насосами. Для создания среднего вакуума форвакуумный насос используется в сочетании с насосом Рутса. Для создания высокого вакуума форвакуумный насос используется в сочетании с турбомолекулярным насосом. Скорость вакуумирования определяется размерами рабочей камеры.

- Одноступенчатый или двухступенчатый роторно-лопастной насос: скорость вакуумирования до 300 м³/ч (для печей НТК 600 GR). Используется для откачивания кислорода перед термообработкой в несколько циклов подачи/откачивания газа. Также используется в качестве форвакуумного насоса.
- Насос Рутса: Используется для создания среднего вакуума. Выбор форвакуумного насоса осуществляется в зависимости от уровня вакуума, который необходимо создать в печи.
- Турбомолекулярный насос: Используется при термообработке в высоком вакууме или сверхчистых рабочих средах в печах НТК с графитовой или металлической теплоизоляцией.
- Масляный диффузионный насос: Скорость вакуумирования до 20000 м³/ч рекомендуется для быстрого создания вакуума в печах НТК с большим объемом рабочей камеры.

Программное обеспечение:

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора KP 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора.

Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

Печи работают под управлением программного обеспечения TP 1900 или Win CC. В обоих случаях управление осуществляется с сенсорного дисплея, графический интерфейс которого удобен и интуитивно понятен. Однако программное обеспечение Win CC имеет больше функций, отображаемых на сенсорном дисплее. В обоих случаях данные можно экспортировать в файл формата csv, что позволяет вести необходимую статистику.

- TP 1900: В памяти может храниться до 20 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 25 сегментов.
- Win CC: В памяти может храниться до 50 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 30 сегментов.

Оборудование для работы с реакционными газами:

При использовании газовых смесей с содержанием водорода более 4% печи оснащаются камерой дожига. Также может быть предусмотрен подогрев системы газоотведения во избежание конденсации. По запросу печи могут оснащаться оборудованием для работы с несколькими инертными газами. Для защиты нагревательных элементов или точного регулирования рабочей среды печи могут оснащаться ретортой.

- Оборудование для работы с реакционными газами
- Защитное оборудование для горючих газов
- Установка для удаления связующего с открытым пламенем для сжигания
- Несколько инертных газов
- Реторта

Водяное охлаждение:

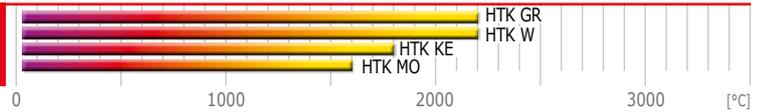
Если на месте эксплуатации не установлена система водяного охлаждения, она может предоставляться по запросу. Мощность системы охлаждения рассчитывается в зависимости от установленной мощности печи.

- Система водяного охлаждения: холодильная машина



Компания Carbolite Gero готова предоставить систему водяного охлаждения, мощность которой соответствует мощности используемой печи.

HTK - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200°C



Технические характеристики



Модель

Графит

HTK 8 GR/22-1G	HTK 25 GR/22-1G	HTK 80 GR/22-1G	HTK 220 GR/22-1G	HTK 400 GR/22-1G	HTK 600 GR/22-1G

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2500 x 2900
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	1200	1700	2000	3000	3800	4500
------------------------------	------	------	------	------	------	------

Полезное пространство

Объем [л]	8	25	80	220	400	600
ВхШхГ, полезный объем без реторты [мм]	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	600 x 600 x 600	650 x 700 x 900	650 x 750 x 1200
ВхШхГ, полезный объем с ретортой [мм]	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 500	560 x 560 x 600	630 x 680 x 900	630 x 730 x 1200

Рабочая температура

T_{макс} вакуум [°C]	2200	2200	2200	2200	2200	2200
T_{макс} атмосферное давление [°C]	2200	2200	2200	2200	2200	2200
ΔT, от 500 до 1500°C [K] (в соответствии с DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Макс. скорость нагрева до 2000°C [K/мин]	10	10	10	10	10	10
Время охлаждения [ч]	6	6	8	8	12	12-16

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	26.5	60	100	160	250	300
Напряжение [В]	400 (3-ф.)					
Ток [А]	3 x 66	3 x 90	3 x 150	3 x 240	3 x 370	3 x 450
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 80	3 x 125	3 x 200	3 x 315	3 x 500	3 x 500

Вакуум (опция)

Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻³ низкий или средний вакуум					
---	---	--	--	--	--	--

Уровень вакуума, в зависимости от насоса

Расход [л/мин]	40	70	100	150	200	220
Макс. температура на входе (°C)	23	23	23	23	23	23

Расход подаваемого газа

Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	200-2000	200-2000	200-2000	1000-10000	1000-10000	1000-10000
--	----------	----------	----------	------------	------------	------------

Контроллер

Контроллер	по запросу					
-------------------	------------	--	--	--	--	--



HTK - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C

Молибден			Вольфрам		Керамическое волокно					
HTK 8 MO/16-1G	HTK 25 MO/16-1G	HTK 80 MO/16-1G	HTK 8 W/18-1G	HTK 25 W/18-1G	HTK 8 KE/13-1G	HTK 25 KE/13-1G	HTK 80 KE/13-1G	HTK 220 KE/13-1G	HTK 400 KE/13-1G	HTK 600 KE/13-1G

2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2100 x 1300 x 1100	2200 x 1900 x 1800	2300 x 2100 x 2200	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2300 x 2600	2500 x 2500 x 2900
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

1200	1700	2000	1300	1900	1200	1700	2000	3000	3800	4500
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

8	25	80	8	25	8	25	80	220	400	600
200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	200 x 200 x 200	250 x 250 x 400	400 x 400 x 500	600 x 600 x 600	650 x 700 x 900	650 x 750 x 1200
180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 500	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	180 x 180 x 200	230 x 230 x 400	380 x 380 x 400	560 x 560 x 600	630 x 680 x 900	630 x 730 x 1200

1600	1600	1600	1800	1800	1100	1100	1100	1100	1100	1100
1600	1600	1600	1800	1800	1350	1350	1350	1350	1350	1350
±5	±5	±5	±5	±5	±10	±10	±10	±10	±10	±10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	6	8	6	6	6	6	8	10	12	12-16

30	80	100	45	100	8	16	45	80	120	200
400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400	400 (3-ф.)	400	400	400	400	400	400
3 x 75	3 x 120	3 x 150	112	3 x 150	20	40	3 x 65	3 x 120	3 x 180	3 x 290
3 x 100	3 x 160	3 x 200	3 x 160	3 x 200	3 x 63	3 x 63	3 x 80	3 x 160	3 x 250	3 x 315

< 5 x 10 ⁻³			< 5 x 10 ⁻³		< 5 x 10 ⁻³					
низкий, средний или высокий вакуум			низкий, средний или высокий вакуум		низкий или средний вакуум					

40	70	100	40	100	15	20	40	60	100	175
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	200-2000	1000-10000	1000-10000	1000-10000
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	------------	------------

по запросу			по запросу		по запросу					
------------	--	--	------------	--	------------	--	--	--	--	--

НТКЕ - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 1800°C



Камерные печи для высокотемпературной обработки в воздушной среде

Компактные камерные печи НТКЕ оснащаются нагревательными элементами из дисилицида молибдена (MoSi_2) и легкой теплоизоляцией из керамического волокна. Высокое качество изоляции обеспечивает высокую однородность температуры по всей длине зоны нагрева.

Камерные Печи НТКЕ могут иметь полезный объем 32, 64 и 128 л. По запросу поставляются печи с полезным объемом 250 л. В левой и правой части рабочей камеры печи установлены нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi_2), закрепленные вертикально на своде рабочей камеры. Такое расположение нагревательных элементов защищает их от изгибающей нагрузки. Максимальная рабочая температура печи зависит от установленной мощности, материала и толщины теплоизоляции. Максимальная рабочая температура печей НТКЕ составляет 1600°C, 1700°C и 1800°C. Данные печи предназначены только для термообработки в воздушной среде. По запросу предоставляется дополнительная система подачи газа, включающая клапан с ручным приводом и ротаметр. Это позволяет лишь незначительно регулировать рабочую среду за счет понижения уровня кислорода. Поскольку данные печи не являются полностью герметичными, кислород будет, так или иначе, присутствовать в рабочей камере. Данные печи подходят для использования в таких областях, как спекание керамики/оксидной керамики. Уровень однородности температуры выше ± 5 К.

Измерение температуры осуществляется с помощью термопары типа В, расположенной в керамической защитной оболочке. При использовании печей с автоматическим управлением рекомендуется подключать термопару к контроллеру температуры.

Если печи планируется использовать для удаления связующих веществ перед спеканием, компания Carbolite Gero оснащает печи НТКЕ оборудованием для удаления связующих (системой подачи предварительно нагретого воздуха). Предварительно нагретый воздух подается в рабочую камеру через несколько газопускных отверстий, расположенных симметрично. Это обеспечивает высокую однородность температуры при низких рабочих температурах, а также равномерность подачи воздуха на образец. По завершении удаления связующих выполняется отвод газов, образовавшихся в результате реакции, в камеру дожига. Сгорание в камере дожига осуществляется при подаче в нее сжатого воздуха и пропана. После удаления связующих температура в камере печи увеличивается, и начинается процесс спекания.



НТКЕ 64/16: Камерные печи для высокотемпературной обработки с полезным объемом 64 л и максимальной рабочей температурой до 1600°C. Данные печи оснащаются камерой дожига, необходимой при удалении связующих.

Преимущества

- Спекание в воздушной среде при температуре до 1800°C
- Установка дополнительного оборудования для удаления связующих в воздушной среде
- Высококачественная теплоизоляция из керамического волокна
- Высокая однородность температуры
- Малое время нагрева и охлаждения
- Ручное управление
- Занесение данных в системный журнал (опция)

Стандартные области применения

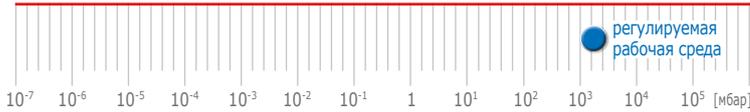
Удаление связующих веществ и спекание в воздушной среде, сушка, отжиг, отпуск, газоочистка, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье керамики под давлением

Примеры использования

Термообработка пьезоэлектрических материалов



Пьезоэлектрические материалы активно используются в различных областях автомобильной промышленности. Пьезоэлектрические форсунки позволяют осуществлять управление впрыском топлива под большим давлением. Большинство современных пьезоэлектрических материалов изготавливаются методом спекания в воздушной среде без приложения давления. Этот метод значительно проще и экономичнее по сравнению с такими трудоемкими методами, как холодное изостатическое прессование. Печи НТКЕ - идеальный выбор для решения подобных задач. К числу подобных материалов относится ниобат калия-натрия.



НТКЕ - Камерные печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C

Описание

Нагревательные элементы U-образной формы из дисилицида молибдена (MoSi₂) устанавливаются в рабочие камеры печей НТКЕ вертикально в подвешенном положении. Теплоизоляция изготавливается из керамического волокна и состоит из нескольких слоев определенной толщины для обеспечения однородности температуры в рабочей камере. Максимальная допустимая температура теплоизоляции определяется в зависимости от максимальной рабочей температуры печей (1600, 1700 или 1800 °C). Низкая теплопроводность материала изоляции избавляет от необходимости использовать водяное охлаждение. Печи оснащаются системой конвекционного охлаждения наружным воздухом и закрыты внешним металлическим кожухом. Нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi₂) идеально подходят для работы с высокими температурами. При высокой температуре на поверхности нагревательных элементов формируется защитный слой диоксида кремния. Уникальной особенностью печей НТКЕ является высокая однородность температуры в компактной рабочей камере.

Вид изнутри



Опции

- Печи НТКЕ могут оснащаться оборудованием для удаления связующих веществ или дополнительной системой подачи газа
- Вентилятор подачи нагретого воздуха с контроллером и выпускными заслонками
- Камера дожига
- Дополнительная система подачи газа, включающая клапан с ручным приводом и ротаметр

Программное обеспечение:

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора КР 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора.

Технические характеристики

Керамическая изоляция, не для работы в среде вакуума

Модель	HTKE 32	HTKE 64	HTKE 128
--------	---------	---------	----------

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]	1800 x 1000 x 1200	2000 x 1000 x 1200	2000 x 1000 x 1500
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Полезное пространство

Объем [л]	32	64	128
ВхШхГ [мм]	300 x 300 x 300	400 x 400 x 400	400 x 400 x 800

Рабочая температура

T_{макс.} атмосферное давление [°C]	1600, 1700, 1800	1600, 1700, 1800	1600, 1700, 1800
Макс. время выполнения термообработки при T_{макс.} [ч]	2	2	2
Макс. скорость нагрева (К/мин)	10	10	10
Время охлаждения [ч]	12	12	12

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	14	16	40
Напряжение [В]	400 (3- ф.)	400 (3- ф.)	400 (3- ф.)
Ток [А]	3 x 35	3 x 40	3 x 100
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 50	3 x 50	3 x 125

Контроллер

Контроллер	по запросу
-------------------	------------

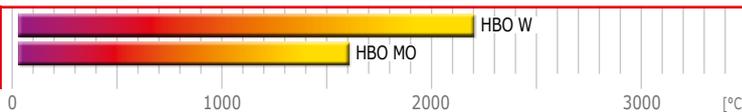
Охлаждающая вода

Расход [л/мин]	водяное охлаждение не требуется
-----------------------	---------------------------------

Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

HBO - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200°C



Колпаковые печи с металлической теплоизоляцией для термообработки в рабочих средах максимальной степени чистоты

Колпаковые печи с металлической теплоизоляцией (HBO) позволяют создавать самое низкое достижимое рабочее давление. Возможность создания вакуума обеспечивает максимальную чистоту рабочей среды.

Материалы, используемые в рабочей камере, отличаются минимальным давлением пара при максимальных температурах. Это позволяет достигать максимальных рабочих температур без риска губительных химических реакций материалов нагревательных элементов и теплоизоляции печи. Теплоизоляцию печей обеспечивают экраны защиты от излучений, изготавливаемые из тех же материалов, что и нагревательные элементы. Пористые изоляционные материалы не используются. Имеется два исполнения печей HBO: печи с нагревательными элементами и экранами защиты от излучений из молибдена для термообработки при температуре до 1600°C и печи с нагревательными элементами и экранами защиты от излучений из вольфрама для термообработки при температуре до 2200°C.

Печи подходят для термообработки в среде азота, аргона, водорода или смеси этих газов. По запросу печи оснащаются оборудованием для использования других газов. Эти газы подаются в печь при небольшом избыточном давлении или регулируемом пониженном давлении (10-1000 мбар). При пониженном давлении можно точно регулировать рабочую среду.

Металлическая теплоизоляция печей HBO позволяет создавать высокий вакуум в качестве рабочего (выше 5 x 10⁻⁶ мбар). По запросу печи оснащаются опциональным оборудованием для создания сверхвысокого вакуума. Управление рабочей средой осуществляется с помощью различного контрольно-измерительного оборудования. Для создания вакуума используются различные вакуумные насосы, в зависимости от требуемого уровня. Температура в каждой из трех зон нагрева регулируется отдельно, позволяя обеспечить высокую однородность температуры.

Стандартные области применения

Закалка, отжиг, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, силицирование, карбонизация, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением



HBO 60 MO/16: Колпаковые печи с полезным объемом 60 л, рабочей температурой до 1600°C и автоматическим управлением с сенсорного дисплея. Печи оснащаются насосами для создания высокого вакуума.

Преимущества

- Точная регулировка рабочей среды при максимальной чистоте (6N или выше)
- Максимальный достижимый уровень вакуума
- Возможность быстрого нагрева или охлаждения
- Оборудование для работы в среде водорода при пониженном давлении (по запросу)
- Плавное регулирование давления - идеально для работы с порошками
- Сертифицированная система безопасности для легковоспламеняющихся и отравляющих газов
- Полностью автоматическое управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества



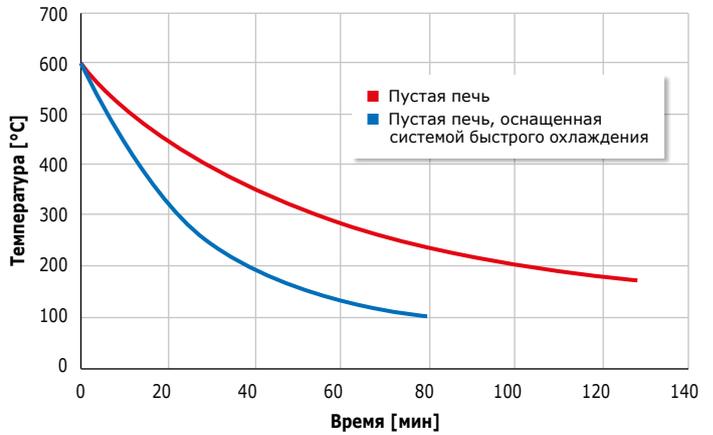
HBO - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C

Описание

Печи HBO с металлическими функциональными элементами оснащаются 9 теплозащитными экранами. Печи имеют три зоны нагрева с отдельным регулированием для обеспечения однородности температуры по всей длине зоны нагрева, а также функцию предварительного нагрева подаваемого газа (при необходимости). Нагревательные элементы в боковой, верхней и нижней части рабочей камеры образуют три зоны нагрева. Боковой нагревательный элемент отличается наиболее высокой стойкостью к механическим воздействиям. При активном газообразовании во время термообработки для защиты нагревательных элементов может использоваться металлическая реторта (опция). Кроме того, реторта повышает однородность температуры.

Теплоизоляционную функцию в данных печах выполняют теплозащитные экраны, изготовленные из вольфрама или молибдена. Водяное охлаждение печей HBO обеспечивает кожух с двойными стенками, между которыми подается вода. По запросу поставляется держатель для образцов.

В каждой зоне нагрева печи предусмотрены независимое регулирование температуры и отдельная терморезисторная защита от перегрева, поэтому печь может иметь автоматическое управление. Система быстрого охлаждения (опция) позволяет значительно снизить время, требующееся для охлаждения печи.



Охлаждение до комнатной температуры

На графике показаны кривые охлаждения пустой печи (красный) и пустой печи, оснащенной системой быстрого охлаждения (синий). Полезный объем рабочей камеры каждой печи составляет 60 л. Система быстрого охлаждения позволяет снизить время охлаждения пустой печи примерно вдвое.

Вид изнутри

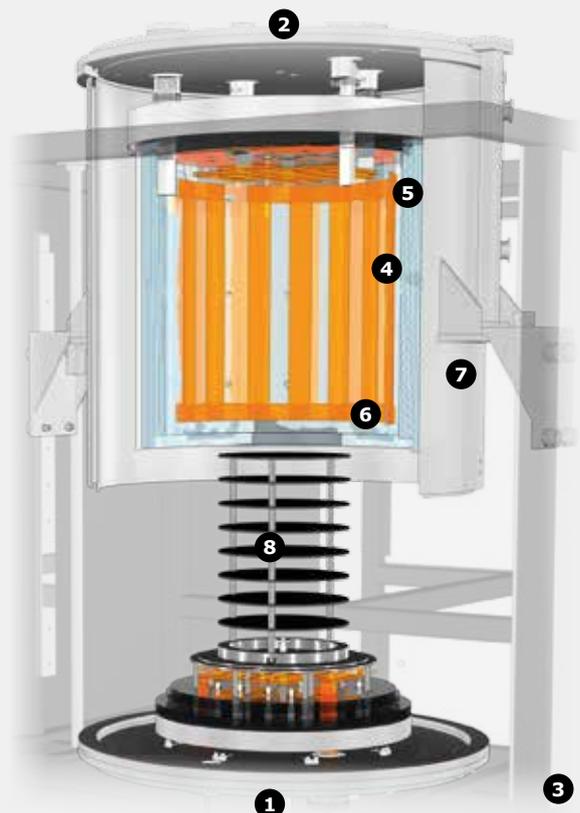


Нагревательный элемент

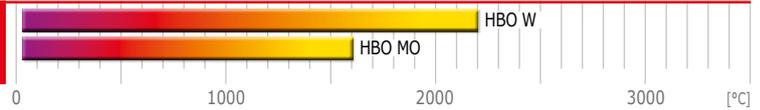


Загрузочный стеллаж

- 1) впуск/выпуск газа
- 2) выпуск/впуск газа
- 3) вакуумный насос, устанавливаемый в нижней части печи
- 4) место установки терморезистора
- 5) экран защиты от излучений
- 6) нагревательные элементы
- 7) кожух с водяным охлаждением
- 8) держатель для образцов (по запросу)



HBO - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200°C



Опции

В качестве опции, с учетом индивидуальных требований заказчика, предлагаются вакуумные насосы, программное обеспечение, система подачи газов с несколькими газовпускными отверстиями, оборудование для работы с реактивными или инертными газами и системы водяного охлаждения, при отсутствии системы водяного охлаждения на месте эксплуатации. Печи HBO имеют автоматическое управление и оснащаются программным обеспечением.

Оборудование для создания вакуума:

Печи HBO могут оснащаться форвакуумным насосом для предварительного вакуумирования рабочей камеры. Для создания среднего вакуума форвакуумный насос используется в сочетании с насосом Рутса. Для создания высокого вакуума форвакуумный насос используется в сочетании с турбомолекулярным насосом.

Для печей различных размеров рекомендуются следующие турбомолекулярные насосы:

- HBO 10: Насос со скоростью вакуумирования 300 или 400 л/с
- HBO 25: Насос со скоростью вакуумирования 400 или 700 л/с
- HBO 60: Насос со скоростью вакуумирования 700 или 1200 л/с.

Чем выше скорость вакуумирования насоса, тем меньше времени требуется для создания качественного конечного вакуума. В качестве форвакуумных насосов используются двухступенчатые роторно-лопастные насосы. Насосы других типов предоставляются по запросу.

Программное обеспечение:

Работа печей HBO выполняется автоматически под управлением программного обеспечения TP 1900 или Win CC. При использовании любого типа программного обеспечения печи оснащаются панелями оператора с сенсорным дисплеем, графический интерфейс которого повышает удобство работы. Однако при использовании программного обеспечения Win CC на дисплее отображается больше функций. В обоих случаях данные можно экспортировать в файл формата csv, что позволяет вести необходимую статистику.

- TP 1900: В памяти может храниться до 20 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 25 сегментов.
- Win CC: В памяти может храниться до 50 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 30 сегментов.

Оборудование для работы с реакционными газами

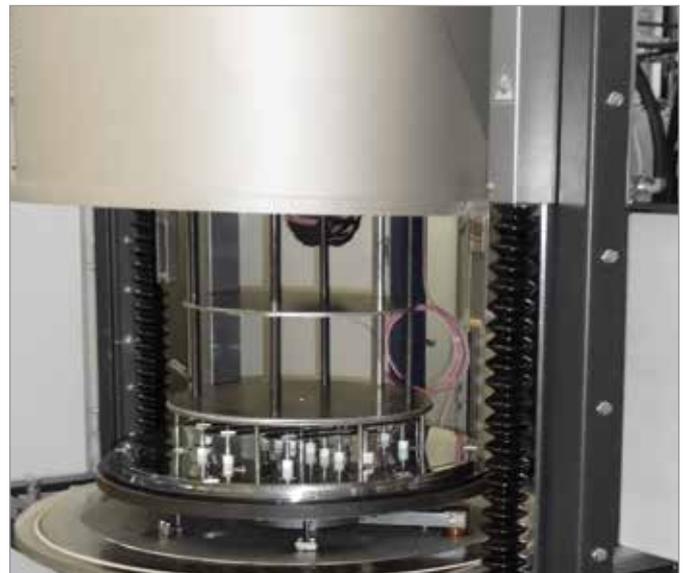
При использовании газовых смесей с содержанием водорода более 4% печи оснащаются камерой дожигания. Также может быть предусмотрен подогрев системы газоотведения во избежание конденсации. По запросу печи могут оснащаться оборудованием для работы с несколькими инертными газами. Для защиты нагревательных элементов или точного регулирования рабочей среды печи могут оснащаться ретортой.

- Оборудование для работы с реакционными газами
- Несколько инертных газов
- Реторта

Водяное охлаждение:

Если на месте эксплуатации не установлена система водяного охлаждения, она может предоставляться по запросу. Мощность системы охлаждения рассчитывается в зависимости от установленной мощности печи.

- Система водяного охлаждения: холодильная машина



Открытая печь HBO. Доступ к образцам исключительно удобен. По запросу поставляются держатели образцов.

Примеры использования

Пайка и высокотемпературная пайка электронных компонентов



Как правило, печи HBO используются для пайки и высокотемпературной пайки в среде вакуума. Многие компоненты, используемые при производстве спутников, самолетов, радаров или лазеров, требуют пайки в среде высокого вакуума. Печи HBO, специально разработанные для термообработки в вакууме, идеально подходят для решения таких задач, как соединение различных материалов методом пайки / высокотемпературной пайки. Другим преимуществом данной печи, помимо исключительных возможностей при создании вакуума, является то, что при движении колпака печи образец остается неподвижным, не подвергаясь воздействию вибраций. Управление перемещением колпака осуществляется автоматически. Программное обеспечение с функцией занесения данных в системный журнал позволяет контролировать, измерять и в дальнейшем усовершенствовать характеристики рабочего процесса. Значения давления, температуры, расхода газа и др. автоматически заносятся в системный журнал с заданными интервалами времени. Доступ к данным легко получить, выполнив экспорт в файл формата csv.



HBO - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200 °C

Технические характеристики

	Молибден			Вольфрам		
Модель						
	HBO 10 MO/16-1G	HBO 25 MO/16-1G	HBO 60 MO/16-1G	HBO 10 W/22-1G	HBO 25 W/22-1G	HBO 60 W/22-1G

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]	2500 x 2300 x 2000	2500 x 2300 x 2000	2800 x 2300 x 2500	2500 x 2300 x 2000	2500 x 2300 x 2000	2800 x 2300 x 2500
------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	1800	2000	3000	1800	2000	3000
-----------------------	------	------	------	------	------	------

Полезное пространство

Объем [л]	10	25	60	10	25	60
Ø x В, полезный объем без реторты [мм]	200 x 300	300 x 400	400 x 500	200 x 300	300 x 400	400 x 500
Ø x В, полезный объем с ретортой [мм]	180 x 280	280 x 380	380 x 480	180 x 280	280 x 380	380 x 480

Рабочая температура

T _{макс} вакуум [°C]	1600	1600	1600	2200	2200	2200
T _{макс} атмосферное давление [°C]	1600	1600	1600	2200	2200	2200
ΔT, выше 800 °C [K] (в соответствии с DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Макс. скорость нагрева до T _{макс} [K/мин]	10	10	10	10	10	10
Время охлаждения [ч]	3	4	5	4	5	6

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	50	65	80	125	150	250
Напряжение [В]	400 (3-ф.)					
Ток [А]	3 x 125	3 x 100	3 x 120	3 x 180	3 x 220	3 x 380
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 160	3 x 125	3 x 160	3 x 250	3 x 315	3 x 500

Вакуум (опция)

Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻³			< 5 x 10 ⁻³		
Уровень вакуума, в зависимости от насоса	низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум			низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум		

Охлаждающая вода

Расход [л/мин]	40	50	64	100	120	200
----------------	----	----	----	-----	-----	-----

Расход подаваемого газа

Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Контроллер

Контроллер	Siemens	Siemens
------------	---------	---------

НВ - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 1800°C



Колпаковые печи для высокотемпературной обработки в воздушной среде

Печи НВ оснащаются колпаком с автоматическим приводом.

Если колпак поднят, доступ к образцу открыт со всех сторон. Печи НВ могут оснащаться проволочными нагревательными элементами из фехраля (CrFeAl) или дисилицида молибдена (MoSi₂), позволяющими добиться максимальных достижимых рабочих температур.

Полезный объем рабочих камер колпаковых печей НВ составляет 80 или 160 л. Внутреннее пространство рабочей камеры имеет прямоугольную форму. Колпак поднимается и опускается автоматически, обеспечивая удобство загрузки/выгрузки образцов. Подовая плита печи расположена на оптимальной с точки зрения удобства высоте 750 мм. Печи НВ могут оснащаться проволочными нагревательными элементами из фехраля (CrFeAl), позволяющими выполнять термообработку при температуре до 1300°C, а также нагревательными элементами из дисилицида молибдена (MoSi₂), позволяющими выполнять термообработку при температуре до 1600, 1700 или 1800°C. Для обеспечения качества и надежности работы на поверхности нагревательных элементов обоих типов должен сформироваться защитный слой диоксида кремния. Все печи НВ отличаются исключительной однородностью температуры. Печи НВ не являются полностью герметичными. Тем не менее, оснатив печи дополнительной системой подачи газа с ротаметром и клапаном с ручным приводом, можно, подавая в камеру определенный газ, снизить уровень кислорода примерно до 50 ppm. Измерение температуры осуществляется с помощью термопары типа S, расположенной в керамической защитной оболочке. При использовании печей с автоматическим управлением рекомендуется подключать термопару к контроллеру температуры. При использовании печи для удаления связующих веществ потребуется установить камеру дожигания. Сгорание паров связующих в камере дожигания выполняется при подаче в нее пропана и сжатого воздуха. Компания Carbolite Gero, занимающаяся разработкой печей с учетом индивидуальных требований заказчиков, может также приспособить конструкцию печей НВ для любых нужд термообработки. В частности, печи могут оснащаться системой циркуляции газа для улучшения однородности температуры. В рабочей камере могут быть установлены несколько термопар, измеряющих температуру образца и позволяющих контролировать температурный профиль. Данные процесса с заданным интервалом времени заносятся в системный журнал по интерфейсу последовательной передачи данных. Ручное управление выполняется с помощью контроллера Eurotherm. Контроллеры других типов предоставляются по запросу.

НВ 80/13:
 Колпаковые печи для высокотемпературной обработки с полезным объемом 80 л и максимальной рабочей температурой до 1300°C. Данные печи могут использоваться для термообработки в воздушной или незначительно регулируемой рабочей среде.



Преимущества

- Спекание в воздушной среде при температуре до 1800°C
- Установка дополнительного оборудования для удаления связующих в воздушной среде
- Высококачественная теплоизоляция из керамического волокна
- Высокая однородность температуры
- Конструкция колпака обеспечивает удобный доступ к образцам
- Ручное управление
- Занесение данных в системный журнал (опция)

Стандартные области применения

Удаление связующих веществ и спекание в воздушной среде, сушка, отжиг, отпуск, газоочистка, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье керамики под давлением

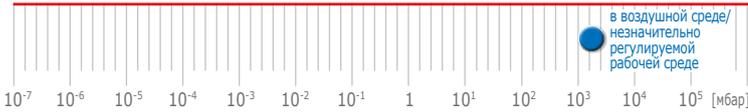
Примеры использования

Термообработка материалов в процессе производства сверхпроводников



Термообработка сверхпроводников выполняется в рабочей среде с пониженным содержанием кислорода. Важнейшим условием качественной термообработки является однородность температуры по всему образцу. Для решения этой задачи печи НВ оснащаются вентилятором для улучшения циркуляции газов и термопарами для измерения температуры образца. При падении температуры сверхпроводника ниже критического значения его сопротивление падает до нуля, позволяя создавать огромную силу тока и мощнейшие электромагнитные поля.

Левитация сверхпроводника, возникающая в результате компенсации ускорения свободного падения магнитным полем.

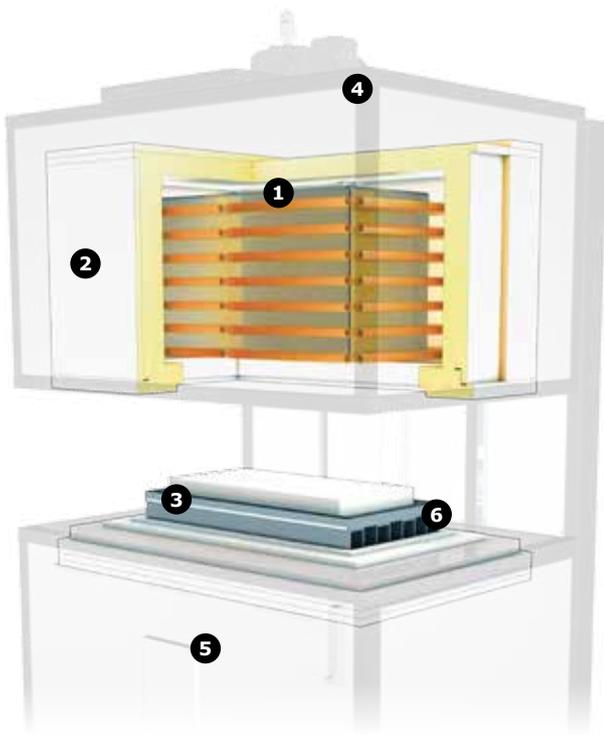


НВ - Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 1800 °C

Вид изнутри



Внутренняя поверхность колпака печи НВ, к которой крепятся нагревательные элементы из фехрала (CrFeAl), позволяющие достигать максимальной рабочей температуры 1300 °C.



- 1 нагревательные элементы
- 2 теплоизоляция из керамического волокна
- 3 подовая плита на высоте 750 мм
- 4 колпак с автоматическим приводом
- 5 место установки ротаметра
- 6 нагреватель в нижней части печи (только из фехрала (CrFeAl))

Опция

Печи НВ могут оснащаться оборудованием для удаления связующих веществ или дополнительной системой подачи газа

- Камера дожига
- Дополнительная система подачи газа, включающая клапан с ручным приводом и ротаметр

Программное обеспечение:

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора КР 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора. Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

Технические характеристики

Керамическое волокно			
Модель	<table border="1"> <tr> <td>НВ80/18</td> <td>НВ160/18</td> </tr> </table>	НВ80/18	НВ160/18
НВ80/18	НВ160/18		

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]	2200 x 1200 x 1200	2200 x 1800 x 1200
------------	--------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	1000	1250
-----------------------	------	------

Полезное пространство

Объем [л]	80	160
ВхШхГ, полезный объем без реторты [мм]	500 x 400 x 400	500 x 800 x 400

Рабочая температура

$T_{\text{макс}}$ атмосферное давление [°C]	1300, 1600, 1700, 1800	1300, 1600, 1700, 1800
ΔT , от 800 °C до $T_{\text{макс}}$ [K] (в соответствии с DIN 17052)	±5	±5
Макс. скорость нагрева до $T_{\text{макс}}$ [K/мин]	5, 10, 10, 10	5, 10, 10, 10
Время охлаждения [ч]	12, 14, 14, 14	14

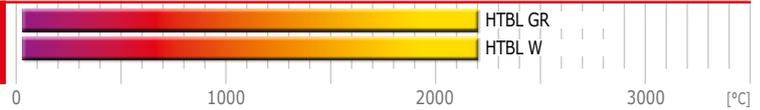
Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	15, 45, 50, 60	30, 80, 85, 90
Напряжение [В]	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 25, 3 x 65, 3 x 72, 3 x 86	3 x 50, 3 x 115, 3 x 123, 3 x 130
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	35, 100, 100, 125	63, 160, 160, 200

Контроллер

Контроллер	по запросу
------------	------------

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление



Печи с нижней загрузкой

Печи HTBL с нижней загрузкой оснащаются графитовой или металлической теплоизоляцией и нагревательными элементами из таких же материалов.

Для термообработки при температуре 2200 или 3000 °C используются печи с графитовой изоляцией. Полезный объем рабочей камеры печей HTBL с графитовой изоляцией может составлять 50, 80 и 200 л. Полезный объем рабочей камеры печей с металлической теплоизоляцией составляет 60 л. Печи HTBL 60 MO/16-1G с максимальной рабочей температурой 1600 °C оснащаются экранами защиты от излучений и нагревательными элементами из молибдена. Печи HTBL 60 MO/22-1G с максимальной рабочей температурой 2200 °C оснащаются экранами защиты от излучений и нагревательными элементами из вольфрама. Печи HTBL с металлической теплоизоляцией предназначены для термообработки в рабочих средах высокой степени чистоты и вакууме максимального уровня. Несомненным преимуществом печей HTBL является удобство загрузки и выгрузки образцов. Опускающаяся подовая плита открывает беспрепятственный доступ к образцам со всех сторон. Даже загрузка образцов, требующих самого бережного обращения, не представляет трудности. По запросу в нужных местах рабочей камеры могут быть установлены дополнительные термпары для измерения температуры образца, а также реторта. Перемещение подовой плиты выполняется автоматически с помощью гидравлического привода. В опущенном положении подовую плиту можно вручную поворачивать на 90°.

Печи подходят для термообработки в среде азота, аргона, водорода или смеси этих газов. По запросу печи оснащаются оборудованием для использования других газов. Эти газы подаются в печь при небольшом избыточном давлении или регулируемом пониженном давлении (10-1000 мбар). При пониженном давлении можно точно регулировать рабочую среду. Данные печи не предназначены для термообработки в воздушной среде.

Управление рабочей средой осуществляется с помощью различного контрольно-измерительного оборудования. Для создания вакуума используются различные вакуумные насосы, в зависимости от требуемого уровня. Для обеспечения однородности температуры ее регулирование выполняется по отдельности в каждой зоне нагрева.



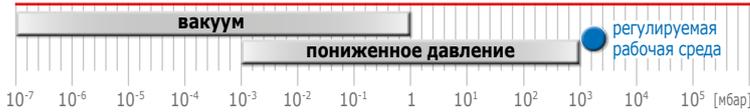
HTBL 60 GR/22: Печи с нижней загрузкой с полезным объемом 60 л и максимальной рабочей температурой до 2200 °C. Подовая плита печи опускается, открывая беспрепятственный доступ к образцу со всех сторон.

Преимущества

- Печи с металлической теплоизоляцией позволяют выполнять точное регулирование рабочей среды при максимальной чистоте (6N или выше)
- Печи с графитовой теплоизоляцией имеют максимальную возможную рабочую температуру
- По запросу печи могут оснащаться оборудованием для термообработки в среде водорода при пониженном давлении
- Плавное регулирование давления - идеально для работы с порошками
- Полностью автоматическое управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

Закалка, отжиг, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, силицирование, карбонизация, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением



Описание

Печи HTBL GR с графитовой теплоизоляцией имеют только одну зону нагрева. Работой бокового нагревательного элемента, оснащенного защитой от перегрева, управляет программное обеспечение. Боковой нагревательный элемент состоит из графитовых стержней, которые расположены по бокам цилиндрической рабочей камеры и крепятся в ее верхней части. Теплоизоляция печей изготавливается из графитового войлока. Печи закрываются кожухом с водяным охлаждением. Чтобы приступить к загрузке/выгрузке образцов, необходимо вручную открыть замки. Рабочие трубки для термообработки в вакууме также устанавливаются и снимаются вручную. В остальном, движение подовой плиты печи выполняется полностью автоматически. В опущенном положении подовую плиту можно вручную поворачивать на 90°. Благодаря автоматическому управлению печи HTBL идеально подходят для серийного производства продукции. Печи HTBL с графитовой теплоизоляцией оснащаются пирометром и скользящей термопарой. По запросу устанавливается реторта. Благодаря своей многофункциональности графит активно применяется в печах для высокотемпературной обработки. Однако для работы с образцами, которые следует беречь от воздействия углерода, используются печи с металлической теплоизоляцией.

Печи HTBL с металлической теплоизоляцией имеют только одну зону нагрева с боковым нагревательным элементом из вольфрама или молибдена. Теплоизоляционную функцию выполняют экраны защиты от излучений, изготовленные из тех же материалов, что и нагревательные элементы. В стандартных печах используются девять экранов защиты от излучений, расположенных вокруг нагревательных элементов. При меньшей рабочей температуре печи количество экранов можно уменьшить. Печи HTBL с металлической теплоизоляцией, диаметром рабочей камеры 400 мм и длиной зоны нагрева 500 мм идеально подходят для термообработки в среде вакуума. Молибден и вольфрам отличаются низким давлением пара при самых высоких температурах. По достижении максимальной рабочей температуры нагревательные элементы, приобретая высокую хрупкость, требуют осторожного обращения. Хрупкость при высоких температурах - неотъемлемое свойство подобных материалов.

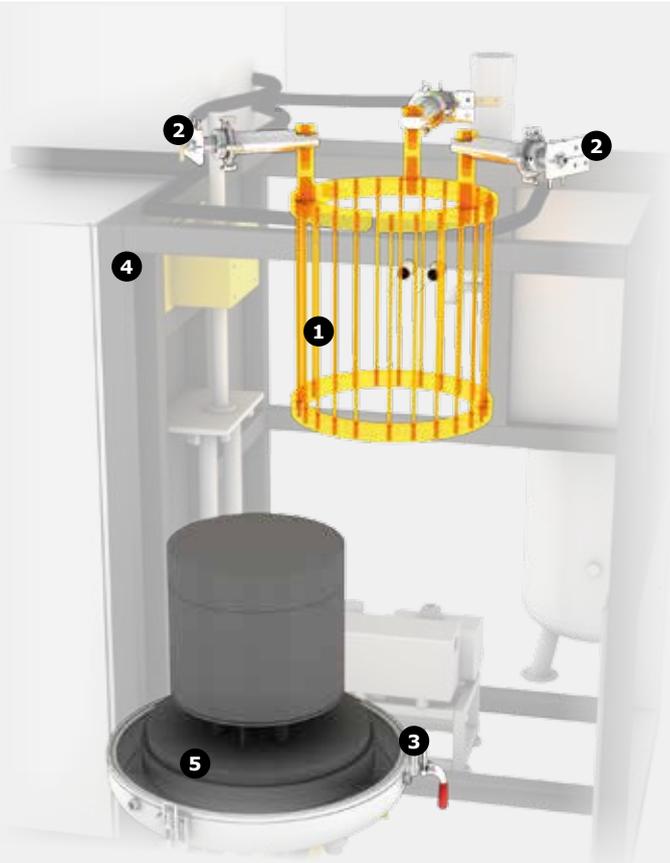
Работа всех печей HTBL выполняется автоматически под управлением программного обеспечения, а данные с предварительно заданными интервалами времени заносятся в системный журнал, позволяя вести необходимую статистику. Печи с автоматическим управлением и большим объемом рабочей камеры идеально подходят для использования в промышленности и серийного производства продукции.

Вид изнутри

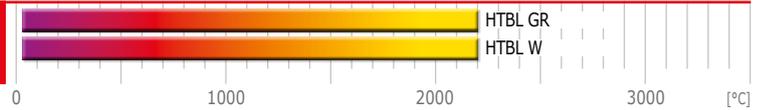


На рисунке показан боковой нагреватель, состоящий из графитовых стержней, симметричное расположение которых обеспечивает высокую однородность температуры.

- 1 нагревательные элементы
- 2 система водяного охлаждения
- 3 замок, запирающий подовую плиту печи
- 4 рама
- 5 подовая плита



HTBL - Печи с нижней загрузкой с максимальной рабочей температурой 2200 °C



Опции

В качестве опции, с учетом требований заказчика, предлагаются вакуумные насосы, программное обеспечение, система подачи газов с несколькими газопускными отверстиями, оборудование для работы с реактивными или инертными газами и системы водяного охлаждения (при отсутствии такой системы на месте эксплуатации). Работа печей HTBL выполняется автоматически под управлением программного обеспечения. По запросу печи могут быть оснащены дополнительными зонами нагрева с отдельным регулированием температуры.

Оборудование для создания вакуума:

Все печи HTBL могут оснащаться вакуумными и форвакуумными насосами. Для создания среднего вакуума форвакуумный насос должен использоваться в сочетании с насосом Рутса. Для создания высокого вакуума форвакуумный насос должен использоваться в сочетании с турбомолекулярным или масляным диффузионным насосом. Печи HTBL 200 GR/22-1G рекомендуются использовать с масляным диффузионным насосом в связи с его высокой скоростью вакуумирования. Масляные диффузионные насосы, как правило, рекомендуется использовать для вакуумирования рабочих камер большого объема. Для печей разных размеров рекомендуются следующие турбомолекулярные насосы:

- Скорость вакуумирования турбомолекулярных насосов составляет 1200 или 1500 л/с
- Скорость вакуумирования масляных диффузионных насосов составляет 8000 м³/ч

Программное обеспечение:

Работа печей HTBL выполняется автоматически под управлением программного обеспечения TP 1900 или Win CC. В обоих случаях управление осуществляется с удобного сенсорного дисплея, графический интерфейс которого удобен и интуитивно понятен.

Однако программное обеспечение Win CC имеет больше функций, отображаемых на сенсорном дисплее. В обоих случаях данные можно экспортировать в файл формата csv, что позволяет вести необходимую статистику.

- TP 1900: В памяти может храниться до 20 программ термообработки, включающих до 25 сегментов.
- Win CC: В памяти может храниться до 50 программ термообработки, включающих до 30 сегментов.

Оборудование для работы с реакционными газами

При использовании газовых смесей с содержанием водорода более 4% печи оснащаются камерой дожига. Также может быть предусмотрен подогрев системы газоотведения во избежание конденсации. По запросу печи могут оснащаться оборудованием для работы с несколькими инертными газами. Для защиты нагревательных элементов или точного регулирования рабочей среды печи могут оснащаться ретортой.

- Оборудование для работы с реакционными газами
- Защитное оборудование для горючих газов
- Установка для удаления связующего с открытым пламенем для сжигания
- Несколько инертных газов
- Реторта

Водяное охлаждение:

Если на месте эксплуатации не установлена система водяного охлаждения, она может предоставляться по запросу. Мощность системы охлаждения рассчитывается исходя из технических характеристик печи.

- Система водяного охлаждения: холодильная машина

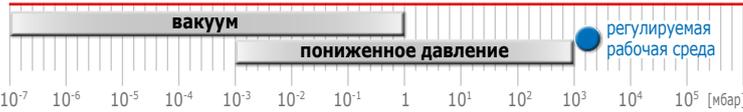
Примеры использования

Силицирование



Композитные материалы на основе керамической матрицы, армированной углеродными волокнами, сегодня используются в различных областях применения. Как правило, композитные материалы состава C/C-SiC предназначены для использования в высокоокислительных средах и при сверхвысоких температурах. Современная керамика обладает такими преимуществами, как высокая термостойкость, высокая теплопроводность, низкая плотность и высокая стойкость к абразивному износу. Она активно используется при производстве сопловых лопаток ракет, тормозных колодок спортивных автомобилей, бронжилетов и носовых обтекателей космических кораблей (возвращающихся в плотные слои атмосферы). Важнейшим этапом производства подобных материалов является инфильтрация жидкого кремния в углеродсодержащую матрицу (C/C), для выполнения которой могут использоваться печи HTBL GR. По сравнению с такими методами, как химическая инфильтрация из паровой фазы, инфильтрация жидкого кремния отличается большей экономичностью и малым временем выполнения. При термообработке двуокись кремния сначала расплавляется на поверхности пористой углеродсодержащей матрицы (C/C), а затем в процессе диффузии проникает в ее поры. Продуктом химической реакции углерода и кремния является карбид кремния (SiC), а полученный материал, обладающий высокой плотностью, состоит из сегментов C/C, отделенных друг от друга сегментами SiC.

Для выполнения этого процесса идеально подходят печи HTBL с графитовой теплоизоляцией. К достоинствам этих печей относится удобный доступ к образцам со всех сторон. Автоматическая работа печей под управлением программного обеспечения сводит к минимуму необходимость участия оператора, а собранные данные заносятся в системный журнал.

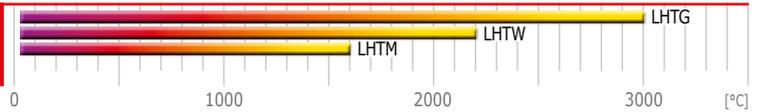


HTBL - Печи с нижней загрузкой с максимальной рабочей температурой 2200 °C

Технические характеристики

Модель	Графит				Молибден	Вольфрам
	HTBL-H 50 GR/22-1G	HTBL 50 GR/22-1G	HTBL 80 GR/22-1G	HTBL 200 GR/22-1G	HTBL 60 MO/16-1G	HTBL 60 W/22-1G
Габаритные размеры						
ВхШхГ [мм]	4300 x 2400 x 2200	3500 x 2400 x 2200	4300 x 2400 x 2200	4800 x 2400 x 2600	3300 x 2400 x 2200	3300 x 2400 x 2200
Вес с упаковкой						
Вес всей системы [кг]	3200	3200	3500	4200	3400	3600
Полезное пространство						
Объем [л]	50	50	80	200	60	60
Ø x В, полезный объем без реторты [мм]	300 x 700	400 x 400	400 x 700	500 x 900	400 x 500	400 x 500
Ø x В, полезный объем с ретортой [мм]	280 x 680	380 x 380	380 x 680	480 x 880	380 x 480	380 x 480
Рабочая температура						
T_{макс} вакуум [°C]	2200	2200	2200	2200	1600	2200
T_{макс} атмосферное давление [°C]	2200	2200	2200	2200	1600	2200
ΔT, от 500 до 2200 °C [K] (в соответствии с DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Макс. скорость нагрева до 2000 °C [K/мин]	10	10	10	10	10	10
Время охлаждения [ч]	8	8	12	16	5	6
Характеристики питания						
Потребляемая мощность [кВт]	120	120	200	300	80	250
Напряжение [В]	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 175	3 x 175	3 x 290	3 x 430	3 x 115	3 x 360
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 250	3 x 250	3 x 400	3 x 630	3 x 160	3 x 500
Вакуум (опция)						
Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻³				< 5 x 10 ⁻³	< 5 x 10 ⁻³
Уровень вакуума, в зависимости от насоса	низкий или средний вакуум				низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум	низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум
Охлаждающая вода						
Расход [л/мин]	100	100	150	220	64	200
Расход подаваемого газа						
Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000	500-2000
Контроллер						
Контроллер	Siemens				Siemens	Siemens

LHT - Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C



Лабораторные печи для высокотемпературной обработки

Уникальной особенностью лабораторных печей LHT для высокотемпературной обработки являются компактные размеры, благодаря которым печи идеально подходят для использования в научно-исследовательских лабораториях.

В серию LHT входят модели LHTG, LHTW и LHTM с диаметром рабочей камеры 100 мм и длиной зоны нагрева 200 мм, либо с диаметром рабочей камеры 200 мм и длиной зоны нагрева 300 мм. Вокруг цилиндрической рабочей камеры расположены нагревательные элементы и теплоизоляционный материал. Этот блок (нагревательная кассета) закрыт кожухом с водяным охлаждением. Рабочие камеры с небольшим полезным объемом, предназначенные для термообработки небольших образцов, позволяют уменьшить и габаритные размеры всей системы. Печь и электрошкаф с системой управления расположены в общей раме, оснащенной колесиками для удобства перемещения. Благодаря этому печи LHT идеально подходят для использования в лабораториях, например в университетах или научно-исследовательских институтах. Компактные размеры и простота управления - залог высокой экономичности данных печей, включая также все затраты на создание нужной температуры и определенной рабочей среды. Кроме того, цилиндрическая рабочая камера идеальна для термообработки в среде избыточного давления. По запросу печи оснащаются специальными замками и другим защитным оборудованием для работы с избыточным давлением (до 100 бар).

Печи LHTG оснащаются нагревательными элементами и теплоизоляцией из графита. Для измерения температуры в печах LHT с графитовой теплоизоляцией используются пирометры. В качестве опции предлагается термопара защиты от перегрева, особенно рекомендуемая для печей с автоматическим управлением. Максимальная рабочая температура обработки в среде аргона составляет 3000 °C. Для измерения температуры в таком высоком диапазоне используется пирометр. При комнатной температуре теплоизлучение практически отсутствует. По запросу для измерения температуры в низком диапазоне для печей LHTG предлагается скользящая термопара.

Печи LHT оснащаются нагревательными элементами и экранами защиты от излучений, изготовленными из вольфрама или молибдена, позволяющими достичь максимальной рабочей температуры 2200 и 1600 °C соответственно. Экраны защиты от излучений отражают теплоизлучение, идущее от нагревательных элементов в сторону кожуха с водяным охлаждением. Печи LHT с металлической теплоизоляцией позволяют добиться максимальной возможной чистоты рабочей среды, а также наиболее высокого уровня конечного вакуума. Использование турбомолекулярного насоса в сочетании с форвакуумным насосом позволяет создать рабочий вакуум максимального достижимого уровня. По запросу печи оснащаются оборудованием для создания сверхвысокого вакуума.



LHTW 200-300/22: Лабораторные печи для высокотемпературной обработки с диаметром рабочей камеры 200 мм, длиной зоны нагрева 300 мм и максимальной рабочей температурой 2200 °C.

Преимущества

- Компактные размеры, идеальные для использования в лабораториях
- Максимальный достижимый уровень вакуума
- Уровень вакуума 5×10^{-6} мбар
- Пониженное давление 10-1000 мбар
- Избыточное давление до 100 бар
- Вертикальная загрузка, графитовая теплоизоляция, максимальная рабочая температура 3000 °C
- Оборудование для работы в среде водорода при пониженном давлении (по запросу)
- Плавное регулирование давления - идеально для работы с порошками
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

Закалка, отжиг, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, пиролиз, силицирование, карбонизация, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением

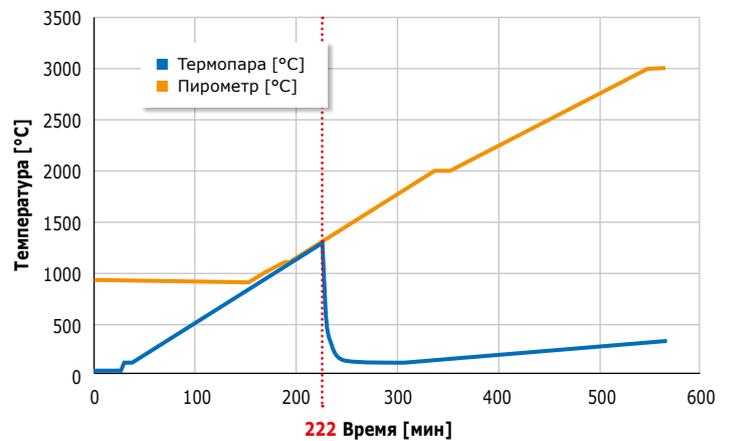


Описание

Благодаря компактным размерам печи LHT оснащаются всего одним боковым нагревательным элементом. Уровень однородности температуры (температурный профиль) этих печей выше ±10K. Высокая однородность температуры обеспечивается благодаря тщательности разработки и установки нагревательного элемента. Печи LHTG оснащаются нагревательными элементами и теплоизоляцией из графита. Если печи предназначены для термообработки при температуре 3000°C, толщина и количество слоев графитовой теплоизоляции специально подбираются с учетом расчетной нагрузки. Установленная мощность печи также рассчитывается исходя из максимальной рабочей температуры и скорости нагрева печи. Нагревательная кассета закрывается кожухом с водяным охлаждением. Печи оснащаются всем необходимым дополнительным оборудованием, таким как фланцы, термопары, электрические соединения и пирометры. Кожух с двойными стенками обеспечивает водяное охлаждение печи, а также электрических соединений и кабелей.

Печи LHTM и LHTW в стандартной комплектации оснащаются металлическими нагревательными элементами и девятью экранами защиты от излучений. Они имеют только одну зону нагрева с нагревательным элементом вдоль боковой стенки цилиндрической рабочей камеры. Боковой нагревательный элемент отличается высокой стабильностью работы. Также могут быть установлены два дополнительных нагревательных элемента. Стандартные нагревательные элементы состоят из молибденовых пластин; по запросу предлагается сетчатый нагревательный элемент. Для большей защиты образец может быть помещен в реторту, которая также улучшает однородность температуры. Кроме того, может быть установлено оборудование для создания высокого вакуума.

Печи могут иметь как ручное, так и автоматическое управление, осуществляемое при помощи программного обеспечения. В первом случае управление всеми клапанами или насосами осуществляется нажатием кнопок на панели оператора. Для измерения расхода газа используется ротаметр. Во втором случае управление работой печи осуществляется только с сенсорного дисплея. Для измерения расхода газа используются регуляторы массового расхода. В обоих случаях данные могут заноситься в системный журнал, позволяя вести необходимую статистику.



На графике показаны стандартные кривые нагрева печей LHTG. Скользящая термопара (синяя кривая) измеряет температуру в печи, начиная с комнатной. По прошествии примерно 222 мин термопара автоматически выводится из печи, и измерение температуры выполняет пирометр. Скорость нагрева составляет 5 К/мин, а максимальная рабочая температура - 3000 °C.

Вид изнутри

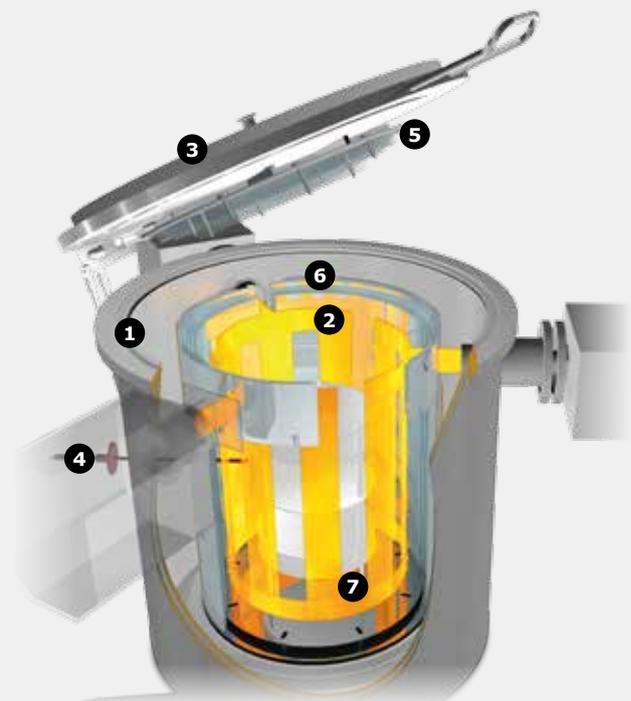


Сетчатый нагревательный элемент (по запросу)

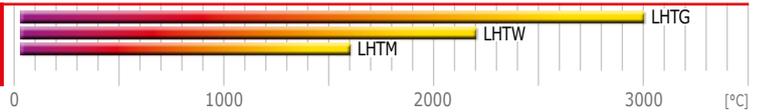


Металлический боковой нагревательный элемент

- 1 кожух с водяным охлаждением
- 2 нагревательные элементы
- 3 крышка печи, открывается вручную
- 4 термопара
- 5 экраны защиты от излучений в верхней части печи
- 6 боковые экраны защиты от излучений
- 7 короткозамыкающее кольцо



LHT - Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C



Опции

All LHT models are available with manual or automated. Все печи LHT могут иметь как ручное, так и автоматическое управление. По запросу предоставляются различные вакуумные насосы, программное обеспечение или оборудование для работы с реакционными/инертными газами. В качестве опции предлагается оборудование для работы с избыточным давлением (до 100 бар), а также система водяного охлаждения, при отсутствии системы водяного охлаждения на месте эксплуатации.

Оборудование для создания вакуума:

Печи LHT могут оснащаться форвакуумными насосами. Для создания среднего вакуума форвакуумный насос используется в сочетании с насосом Рутса (стандартная комплектация). Для создания высокого вакуума форвакуумный насос рекомендуется использовать в сочетании турбомолекулярным насосом. Для печей LHTM рекомендуются следующие турбомолекулярные насосы:

- Турбомолекулярный насос со скоростью вакуумирования 300 л/с.

Турбомолекулярные насосы с более высокой скоростью вакуумирования доступны по запросу. В качестве форвакуумных насосов используются двухступенчатые роторно-лопастные насосы. Насосы других типов предоставляются по запросу.

Программное обеспечение:

Управление работой печей LHT (ручное или автоматическое) осуществляется с помощью программного обеспечения. Для печей с автоматическим управлением используется программное обеспечение TP 1900 или Win CC. В обоих случаях управление осуществляется с сенсорного дисплея, графический интерфейс которого удобен и интуитивно понятен. Однако при использовании программного обеспечения Win CC на сенсорном дисплее отображается больше функций. Оба типа программного обеспечения поддерживают функцию занесения данных в системный журнал.

- TP 1900: В памяти может храниться до 20 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 25 сегментов.
- Win CC: В памяти может храниться до 50 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 30 сегментов.

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора KP 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора. Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

Оборудование для работы с реакционными газами

При использовании газовых смесей с содержанием водорода более 4% печи должны оснащаться камерой дожигания. Также может быть предусмотрен подогрев системы газоотведения во избежание конденсации. По запросу печи могут оснащаться оборудованием для работы с несколькими инертными газами. Для защиты нагревательных элементов или точного регулирования рабочей среды печи могут оснащаться ретортой.

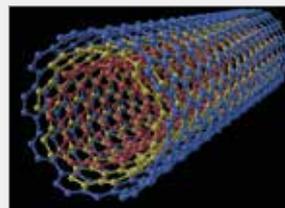
- Оборудование для работы с реакционными газами
- Защитное оборудование для горючих газов
- Устройство для удаления связующих веществ с открытым пламенем для сжигания
- Несколько инертных газов
- Реторта



Печь LHT, оснащенная оборудованием для работы с реакционными газами, а также необходимым защитным оборудованием.

Примеры использования

Синтез углеродных нанотрубок



Печи LHT с графитовой теплоизоляцией имеют максимальную рабочую температуру 3000 °C. Если углерод не оказывает губительного воздействия на образец, печи LHTG способны эффективно решить данную задачу, так как они специально

разработаны для термообработки углеродсодержащих образцов. Одним из наиболее активно используемых сегодня высокотехнологичных материалов являются углеродные нанотрубки. Это цилиндрические трубки, состоящие из атомов углерода, внутренний диаметр которых не превышает 0,9 нм. Исключительная стойкость к механическим воздействиям и выдающиеся проводящие свойства этого материала привлекают внимание множества научно-исследовательских институтов. Нанотрубки можно использовать в качестве мощных полевых излучателей, компонентов композитных материалов или наноподшипников. Нанотрубки отличаются стабильностью при температурах до 2000 °C. Термообработка позволяет устранить различные дефекты структуры нанотрубок, например металлические примеси или пустоты. Также термообработка позволяет изменить саму структуру нанотрубок, например, создать из одностенной трубки двухстенную или даже многостенную трубку. Двухстенные и многостенные углеродные трубки отличаются значительно большей стабильностью. Подобные изменения могут быть получены при термообработке в диапазоне температур от 2000 до 2800 °C в среде аргона. Все вышесказанное позволяет назвать печи LHTG идеальным инструментом для термообработки углеродных нанотрубок



LHT - Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C

Технические характеристики

Модель	Графит				Молибден		Вольфрам	
	LHTG 100-200/22-1G	LHTG 100-200/30-1G	LHTG 200-300/22-1G	LHTG 200-300/30-1G	LHTM 100-200/16-1G	LHTM 200-300/16-1G	LHTW 100-200/22-1G	LHTW 200-300/22-1G
Габаритные размеры								
ВхШхГ [мм]	1800 x 1900 x 1000				1800 x 1900 x 1000		1800 x 1900 x 1000	
Вес с упаковкой								
Вес всей системы [кг]	780	1000	900	1500	800	950	850	1000
Полезное пространство								
Объем [л]	1.5	1.5	10	10	1.5	10	1.5	10
ø x В, полезный объем без реторты [мм]	100 x 200	100 x 200	200 x 300	200 x 300	100 x 200	200 x 300	100 x 200	200 x 300
ø x В, полезный объем с ретортой [мм]	90 x 200	90 x 200	180 x 300	180 x 300	90 x 200	180 x 300	90 x 200	180 x 300
Рабочая температура								
T_{макс} вакуум [°C]	2200	2200	2200	2200	1600	1600	2200	2200
T_{макс} атмосферное давление [°C]	2200	3000	2200	3000	1600	1600	2200	2200
ΔT, от 500 до 2200 °C [K] (в соответствии с DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Макс. скорость нагрева до 2000 °C [K/мин]	10	20	10	20	10	10	10	10
Время охлаждения [ч]	4	5	5	7	2.5	4	3	5
Характеристики питания								
Потребляемая мощность [кВт]	22	40	45	85	22	45	45	90
Напряжение [В]	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 55	3 x 100	3 x 65	3 x 120	3 x 55	3 x 65	3 x 112.5	3 x 130
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 63	3 x 125	3 x 80	3 x 160	3 x 63	3 x 80	3 x 160	3 x 160
Вакуум (опция)								
Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻³				< 5 x 10 ⁻³		< 5 x 10 ⁻³	
Уровень вакуума, в зависимости от насоса	низкий или средний вакуум				низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум		низкий, средний, высокий или сверхвысокий вакуум	
Охлаждающая вода								
Расход [л/мин]	20	30	50	75	30	50	50	75
Макс. температура на входе (°C)	23	23	23	23	23	23	23	23
Расход подаваемого газа								
Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500
Контроллер								
Ручное управление:	Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300				Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300		Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300	
Автоматическое управление	Siemens				Siemens		Siemens	

BV-HTRV - Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800°C



Трубчатые печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена

Трубчатые печи HTRV, устанавливаемые на вертикальную раму, предназначены для выращивания кристаллов методом Бриджмена.

Сущность данного метода состоит в следующем: предварительно синтезированный расплавленный материал медленно движется из зоны высокой температуры в зону низкой температуры, в процессе чего формируется монокристалл. Трубчатые печи BV-HTRV оснащаются подъемным блоком, специально разработанным для данной области применения. Трубчатые печи HTRV 70-250 или HTRV 100-250 оснащаются подъемным блоком в стандартной комплектации. В принципе, подъемным блоком можно оснастить любую трубчатую печь. Наиболее часто используются печи моделей HTRV 70-250 и HTRV 100-250. Одним из достоинств данных печей является малая длина зоны нагрева, позволяющая создать температурный градиент, идеальный для выращивания кристаллов методом Бриджмена. Температура в печи постепенно уменьшается по мере движения сверху вниз. С помощью подъемного блока образец движется с заданной скоростью в зону меньшей температуры. Для точного измерения температуры образца рядом с ним располагается термопара. Образец и термопара размещаются в нижней части подъемного блока. Движение образца может выполняться как максимально быстро (для удобства загрузки/разгрузки), так и с заданной скоростью в процессе выращивания кристаллов. Образец и термопара находятся в керамической рабочей трубке печи, закрытой с обоих концов фланцами с водяным охлаждением. В верхней части печи рабочая трубка и фланец крепятся к раме. В нижней части печи находится сильфон, соединяющий рабочую трубку и подъемный блок. Когда образец опускается, сильфон удлиняется. При необходимости данный процесс можно выполнять даже в вакууме.

В последнем случае к верхнему концу рабочей трубки подсоединяется вакуумный насос. Клапан регулировки давления открывается и закрывается вручную. Измерение уровня вакуума выполняет пьезоэлектрический датчик давления. Подача инертного газа выполняется вручную при помощи ротаметра. Перед началом процесса выращивания кристаллов из печи вытесняется кислород в несколько циклов откачивания и подачи инертного газа. Подключив печь к компьютеру, можно заносить все данные процесса в системный журнал, например положение образца и значения температуры, измеряемые термопарой. Для загрузки или выгрузки образца необходимо открыть замки. Функция быстрого перемещения (опция) облегчает доступ к образцу.

Подъемный блок для выращивания кристаллов методом Бриджмена можно использовать с различными трубчатыми печами с одной или несколькими зонами нагрева.



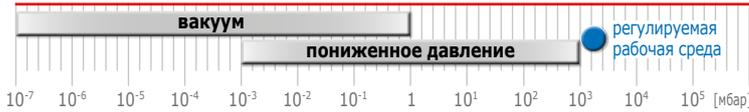
BV-HTRV 70-250/18: Печь для выращивания кристаллов методом Бриджмена с длиной зоны нагрева 250 мм и максимальной рабочей температурой 1800°C. Данные печи оснащаются форвакуумным насосом.

Преимущества

- Выращивание кристаллов методом Бриджмена
- В среде вакуума при температуре до 1450°C
- В среде инертного газа при температуре до 1800°C
Точное регулирование скорости подъемного блока
- Ручное управление
- Занесение данных в системный журнал (опция)

Стандартные области применения

Выращивание монокристаллов методом Бриджмена



BV-HTRV - Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800°C

Описание

Трубчатые печи HTRV оснащаются нагревательными элементами из дисилицида молибдена (MoSi₂), расположенными в подвешенном положении. Вокруг нагревательных элементов расположены вакуумформованные пластины, обеспечивающие теплоизоляцию внутреннего прямоугольного кожуха печи. Этот кожух имеет отверстия для конвекционного охлаждения печи наружным воздухом. В зависимости от температуры плавления образца, максимальная рабочая температура печи может составлять 1600, 1700 или 1800°C. Подъемный блок приводится в действие двумя двигателями с различным передаточным отношением. Так, быстрое перемещение блока выполняется со скоростью около 10 мм/с, а в процессе выращивания кристаллов - всего 0,00001 мм/с (10 нм/с). Все соединительные шланги нижнего фланца с водяным охлаждением размещаются в гибком кожухе. Для измерения температуры используется термомпара типа В. По запросу может быть установлена термомпара защиты от перегрева. Данная опция особенно рекомендуется, поскольку выращивание кристаллов, как правило, выполняется в течение длительного времени, а управление работой печи выполняется автоматически.

Для выращивания кристаллов методом Бриджмена при температуре выше 1800°C компания Carbolite Gero предлагает специальное оборудование. Подробную информацию см. в разделе "Печи для выращивания кристаллов".

Опции

В зависимости от области применения печей, компания предлагает различное опциональное оборудование и программное обеспечение. Практически любая трубчатая печь может быть переоборудована для выращивания кристаллов методом Бриджмена.

- Контроллер Eurotherm для защиты от перегрева
- Роторно-лопастной насос
- Насос для создания высокого вакуума
- Холодильная машина, при отсутствии системы водяного охлаждения на месте эксплуатации
- Дополнительная система подачи газа, включающая клапан с ручным приводом и ротаметр
- Термомпара для измерения температуры образца (располагается рядом с образцом)

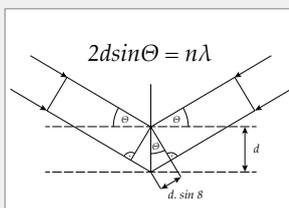
Программное обеспечение:

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора KP 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора. Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 500 сегментов
- Контроллеры Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

Примеры использования

Выращивание кристаллов методом Бриджмена



Метод Бриджмена - один из наиболее распространенных методов выращивания кристаллов. Он применяется как для выращивания небольших кристаллов в лабораториях для исследования их физических свойств, так и для промышленного производства больших монокристаллов. Данный метод широко применяется для выращивания полупроводящих кристаллов или при производстве оптических устройств (например, линз). Одной из наиболее распространенных областей применения является производство датчиков инфракрасного излучения на основе монокристаллов из теллурида кадмия или теллурида кадмия ртути (CdTe / CdHgTe), выращенных методом Бриджмена. Все это позволяет назвать метод Бриджмена одним из наиболее активно применяемых методов выращивания кристаллов.

Атомы в кристаллической решетке расположены строго упорядоченно. Существует семь типов кристаллических решеток. Расположение атомов вычисляется математически. Для изучения свойств кристаллической решетки используется метод дифракции когерентных электромагнитных волн, проходящих сквозь кристалл. Дифракция электромагнитных волн в кристаллической решетке описывается условием Вульфа - Брэгга.

Технические характеристики

Модель	T _{макс} [°C]	Макс. внешний диаметр дополнительной трубки [мм]	Длина зоны нагрева [мм]	Габаритные размеры: ВхШхГ [мм]	Вес печи [кг]	Габаритные размеры: Модуль управления ВхШхГ [мм]	Вес модуля управления [кг]	Потребляемая мощность [кВт]
BV-HTRV 70-250	1600, 1700, 1800	70	250	1800 x 950 x 750	300	850 x 560 x 600	60	5
BV-HTRV 100-250	1600, 1700, 1800	100	250	1800 x 950 x 750	300	850 x 560 x 600	60	6.5

По запросу любая трубчатая печь может быть оснащена подъемным блоком для выращивания кристаллов методом Бриджмена. В таблице выше приведены две наиболее распространенные модели печей.

PDS - Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450°C



Печи для удаления связующих веществ и спекания с максимальной рабочей температурой 1450 °C

Печи PDS имеют полезный объем рабочей камеры 25, 120 и 250 л. Специальная конструкция печей PDS позволяет использовать одну печь как для удаления связующих, так и для спекания.

Печи для удаления связующих оснащаются специальной системой циркуляции газов и ретортой для защиты нагревательных элементов от загрязнения. Реторта изготавливается из молибдена. Из этого же материала изготавливаются нагревательные элементы и экраны защиты от излучений. Печи закрываются кожухом с водяным охлаждением. Газы, подаваемые в камеру дожига, подогреваются во избежание конденсации. Удаление связующих веществ, как правило, выполняется при небольшом избыточном давлении. По запросу удаление связующих может выполняться и при пониженном давлении. Для этого печи оснащаются насосом, откачивающим связующие вещества в камеру дожига (масляный насос специальной конструкции). По завершении удаления связующих рабочая температура увеличивается до 1450°C, позволяя перейти к процессу спекания. Спекание может выполняться в среде вакуума, пониженного давления или небольшого избыточного давления. Управление работой печи выполняется автоматически. Печи с автоматическим управлением могут использоваться для термообработки в среде водорода в концентрации до 100%. Необходимые параметры и функции управления отображаются на сенсорном дисплее панели оператора. Управление работой печей может выполняться двумя способами. В первом случае управление работой печи выполняется вручную (открытие клапанов, настройка регуляторов массового расхода и др.), во втором случае печь автоматически выполняет операции, заданные программой. Перед началом автоматической работы выполняется вакуумирование и проверка на предмет герметичности и избыточного давления. Если проверка выполнена успешно, начинается выполнение программы термообработки. При возникновении неисправности печь автоматически переходит в безопасный режим. Данная функция особенно важна при работе с реактивными газами.

Управление рабочей средой осуществляется с помощью различного контрольно-измерительного оборудования. Для создания вакуума используются различные вакуумные насосы, в зависимости от требуемого уровня. Температура в каждой из трех зон нагрева регулируется отдельно, позволяя обеспечить высокую однородность температуры. Неоспоримым преимуществом печей PDS является возможность использовать одну печь как для удаления связующих, так и для спекания. Это возможно благодаря продуманной конструкции оборудования для создания вакуума и системы циркуляции газов.



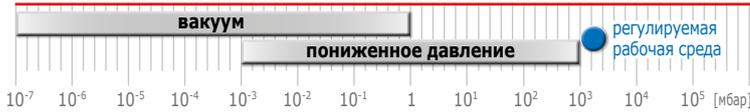
PDS 120 MO/14: Печи для термообработки при пониженном давлении с полезным объемом 120 л и максимальной рабочей температурой 1450°C. Печи PDS могут использоваться как для удаления связующих веществ, так и для спекания.

Преимущества

- Удаление связующих веществ и спекание могут выполняться за одну операцию
- Возможно удаление связующих веществ при пониженном давлении
- Печи с металлической теплоизоляцией позволяют выполнять точное регулирование рабочей среды при максимальной чистоте (6N или выше)
- Оборудование для работы в среде водорода при пониженном давлении (по запросу)
- Плавное регулирование давления - идеально для работы с порошками
- Полностью автоматическое управление
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества

Стандартные области применения

Удаление связующих веществ и спекание в одной печи, отжиг, газоочистка, отпуск, удаление металлических и неметаллических примесей, отпуск, закалка, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, быстрое создание опытных образцов, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением



PDS - Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450°C

Описание

Печи PDS имеют три зоны нагрева. Первая зона нагрева расположена у дверцы печи. Другие две зоны нагрева расположены в боковой части рабочей камеры. Подобная конструкция обеспечивает высокий уровень однородности температуры в рабочей камере (выше ±5K), в зависимости от давления и расхода газа. Нагревательные элементы изготавливаются из молибдена. Теплоизоляцию обеспечивают экраны защиты от излучений, также изготовленные из молибдена. Дверца печи закрывается с помощью клапана с пневматическим приводом. Положение дверцы (открыто/закрыто) определяют торцевые выключатели. Сжигание связующего, выводимого из рабочей камеры, в камере дожига выполняется при подаче пропана и сжатого воздуха.

По запросу печи могут оснащаться системой быстрого охлаждения. Газ, выходящий из печи, проходит через теплообменник с водяным охлаждением. Попадая в теплообменник, газ отдает тепло его охлажденным стенкам, а затем подается обратно в печь. Таким образом, газ циркулирует в замкнутой системе, что позволяет максимально снизить время охлаждения печи и потребление газа.

Вид изнутри



Теплообменник для охлаждения горячих газов



Система газоотведения с подогревом для предотвращения конденсации при удалении связующих

Примеры использования

Удаление связующих веществ и спекание



Литье металлов или керамики под давлением - это метод массового производства конечных изделий малого размера и сложной геометрической формы. В процессе производства удаление связующих веществ может выполняться различными способами. Подробное

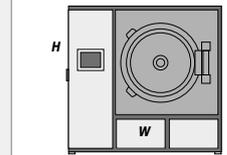
описание процесса см. на стр. 62 и 63. При литье металлов или керамики под давлением сначала создается промежуточная отливка, изготавливаемая из порошка, нужную форму которому придает полимерное связующее. Печи PDS предназначены для термического удаления связующих. После удаления связующих в той же печи может выполняться спекание, что является уникальной особенностью печей PDS.

Технические характеристики

Печи для спекания при пониженном давлении



Модель



PDS 120 MO/14

Габаритные размеры, вместе с камерой дожига

ВхШхГ [мм]	2600 x 2300 x 3000
-------------------	--------------------

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]	4500
------------------------------	------

Полезное пространство

Объем [л]	120
ВхШхГ [мм]	400 x 400 x 750

Рабочая температура

T_{max} [°C]	1450
ΔT [K]	±5
Время охлаждения [ч]	8
Макс. скорость нагрева (K/мин)	10

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]	230
Напряжение [В]	400 (3-ф.)
Ток [А]	3 x 330
Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]	3 x 400

Вакуум

Скорость утечки [мбар л/с]	< 5 x 10 ⁻²
Уровень вакуума, в зависимости от насоса	низкий, средний или высокий вакуум

Охлаждающая вода

Расход [л/мин]	120
-----------------------	-----

Расход подаваемого газа

Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]	500-2000
--	----------

Контроллер

Контроллер	Siemens
-------------------	---------

В данном разделе приводится описание некоторых специальных печей. Печи для литья металлов под давлением идеально подходят для всех технологических процессов данной технологии - от удаления связующих до спекания. Печи SERIE 3000 разработаны на базе стандартных моделей LHTG и НТК GR, оснащенных опциональным оборудованием для выполнения пиролиза и термообработки при температуре 3000°C. Кроме того, приводится краткое описание некоторых моделей оборудования для выращивания кристаллов и оборудования для термообработки, изготавливаемого по индивидуальному заказу, а также его уникальных возможностей для различных областей применения.

Приведенные печи представляют собой лишь малую часть оборудования компании Carbolite Gero, изготавливаемого по индивидуальному заказу. Для получения подробной информации о специальном оборудовании для термообработки обратитесь в ближайшее представительство компании.



Man Op -14.90

Печи специального назначения и опции к ним **Страница**

Печи для литья металлов под давлением

62

Печи для графитизации SERIE 3000

64

Печи для выращивания кристаллов

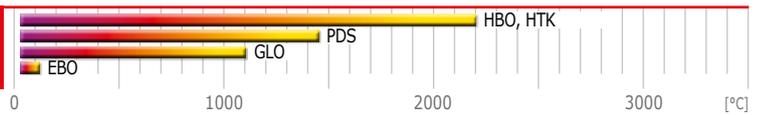
68

Печи, изготавливаемые по индивидуальному заказу

72

Опции

74



Изготовление изделий методом литья металлов под давлением



Литье металлов под давлением - это высокопроизводительная технология, широко применяемая для производства деталей сложных геометрических форм. Основные материалы, используемые в данной технологии, - это твердые металлы, нержавеющие стали или порошки из оксидной керамики, которые могут подвергаться спеканию. Данный метод разработан на базе широко распространенного метода литья термопластов, только в качестве материала используются тонкие металлические и керамические порошки.

При использовании данной технологии металлический порошок смешивается с небольшим количеством полимера. Полученная смесь под давлением подается в пресс-форму, в результате чего создается промежуточная отливка. Данный метод позволяет изготавливать детали сложнейшей геометрической формы с высокой воспроизводимостью. После формовки промежуточной отливки полимерное связующее удаляется химическим путем (с помощью каталитических добавок, растворителей, воды) или посредством термообработки. После этого выполняется спекание, то есть уплотнение термообработкой. Процесс спекания выполняется в окисляющей среде, среде инертного газа или при пониженном давлении, в зависимости от типа используемого порошка. В процессе спекания отливка сжимается на 15-22%

в зависимости от массы порошка, используемого материала и конечной плотности. Профили температуры и рабочая среда при удалении связующих и спекании должны строго регулироваться во избежание деформации отливки, а также образования в ней трещин и пузырьков воздуха.

Компания Carbolite Gero предлагает оборудование для удаления связующих и спекания в процессе литья металлов под давлением. Печи GLO предназначены только для термического удаления связующих. Для каталитической обработки можно приобрести специальные печи для удаления связующих (EBO), сделанные по индивидуальному заказу. Газы, образующиеся в процессе удаления связующих, сжигаются. Таким образом, в отличие от печей, оснащенных отделителем конденсата, процесс работы не сопровождается неприятным запахом, а после работы не требуется трудоемкая очистка. Спекание в печах НТК, HBO и НТВЛ может выполняться при небольшом избыточном давлении, в вакууме или при пониженном давлении. Кроме того, компания Carbolite Gero предлагает специальное оборудование, например печи для спекания при пониженном давлении (PDS). Печи PDS позволяют выполнять как удаление связующих, так и спекание в одной печи. По запросу удаление связующих может выполняться и при пониженном давлении. Это относится к обработке не только металлов, но и керамики. В последнем случае этот процесс известен как литье керамики под давлением. При литье металлов и керамики под давлением используются различные смеси порошка и связующего, в зависимости от используемого исходного материала. Компания Carbolite Gero предлагает оборудование как для удаления связующих, так и для спекания.

Печи для удаления связующих веществ: EBO, GLO

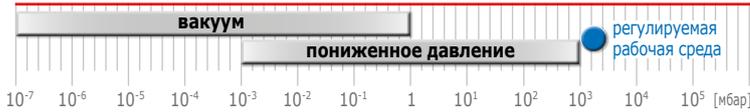
Печи GLO для термического удаления связующих веществ:

Печи GLO предназначены только для удаления связующих под действием высокой температуры. Они имеют полезный объем 40, 75 или 120 л. Максимальная рабочая температура печей составляет 1100°C. Рабочая камера печей GLO полностью герметична. Перед началом процесса термического удаления связующих необходимо в несколько циклов подачи/откачивания газа, или подав в печь инертный газ, вытеснить из рабочей камеры кислород. Затем выполняется термообработка в среде небольшого избыточного давления с подачей определенного газа в печь. На образец подается поток газа, и пары связующего выводятся из печи с помощью системы газоотведения, затем попадая в камеру дожигания. Сгорание в камере дожигания осуществляется при подаче в нее сжатого воздуха и пропана. Газы, подаваемые в камеру дожигания, подогреваются во избежание конденсации. Печи GLO отличаются высокой однородностью температуры даже при активной подаче газа в рабочую камеру. Газ, подаваемый в рабочую камеру через газопусковое отверстие в передней



GLO 40/11: Печи с полезным объемом 40 л и максимальной рабочей температурой 1100°C при давлении ниже атмосферного. Данные печи предназначены для термического удаления связующих веществ.

дверце печи, предварительно нагревается (дверца печи является дополнительной зоной нагрева). Печи GLO также могут иметь вертикальное исполнение (V-GLO)



Печи EBO для каталитического удаления связующих веществ:

Печи EBO предназначены только для удаления связующих веществ под действием катализатора. Данные печи оснащаются защитным оборудованием и автоматическим управлением, необходимым для обеспечения безопасности при подаче в рабочую камеру паров азотной кислоты. В результате химической реакции полимерное связующее удаляется из промежуточной отливки, изготовленной из материала Catamold компании BASF. Окончание процесса удаления связующих определяется автоматически по окончании химической реакции и полного удаления связующего. Нагрев до требуемой температуры (до 150°C) выполняет кожух с водяным нагревом. После выполнения операции баллон для азотной кислоты объемом 1 л должен быть снова наполнен. По запросу печи могут оснащаться баллонами большего объема.



EBO 120/1.5:
Печи для удаления связующих веществ с полезным объемом 120 л и максимальной рабочей температурой 150°C. Рекомендуемая рабочая температура печи составляет 120°C. Азотная кислота, испаряясь, смешивается с азотом и подается в печь для каталитического удаления связующих.

Печи для удаления связующих веществ и спекания: PDS

Печи PDS могут использоваться как для удаления связующих веществ, так и для спекания. После каталитического удаления связующих из промежуточных отливок BASF в печах EBO некоторое количество связующего все еще может оставаться не удаленным. Печи PDS способны полностью удалить связующее перед началом спекания. Кроме того, печи PDS способны эффективно выполнять термообработку отливок с 10-процентным содержанием связующего, которое не удалялось раньше.

PDS 120 MO/14:
Печи для термообработки при пониженном давлении с полезным объемом 120 л и максимальной рабочей температурой 1450°C. Печи PDS могут использоваться как для удаления связующих веществ, так и для спекания.



В печах PDS используется специальная система циркуляции газов, позволяющая отводить газы из рабочей камеры. Печи оснащаются экранами защиты от излучений и нагревательными элементами из молибдена. Образец помещается в молибденовую реторту, обеспечивающую герметичность при подаче газа и защиту нагревательных элементов от паров связующего. Удаление связующих может выполняться при небольшом избыточном или даже пониженном давлении. При удалении связующих при пониженном давлении газы, образующиеся при термообработке, откачиваются специальным насосом и подаются в газовую горелку. После этого может выполняться спекание при температуре до 1450°C. Спекание может выполняться в любой рабочей среде, при низком, среднем или высоком вакууме или пониженном давлении. Данные печи имеют полезный объем 25, 120 или 200 л.



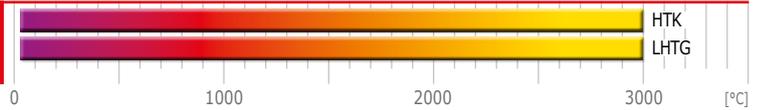
HBO 60 W/22:
Колпаковые печи с полезным объемом 60 л, максимальной рабочей температурой 2200°C и автоматическим управлением с сенсорного дисплея. Печи оснащаются насосами для создания высокого вакуума.

Печи для спекания: НТК, HBO

Печи, начиная с НТК или HBO, предназначены для спекания в различных рабочих средах. После удаления связующих образцы загружаются в печь для спекания. Выбор печи НТК или HBO может объясняться различными соображениями, в частности условиями загрузки или разгрузки. Печи HBO оснащаются теплоизоляцией и нагревательными элементами из вольфрама или молибдена. Они предназначены для спекания в среде вакуума, инертного газа или даже водорода максимальной степени чистоты. По запросу печи с теплоизоляцией и нагревательными элементами из вольфрама могут иметь максимальную рабочую температуру от 2200°C. Печи НТК имеют рабочую камеру прямоугольной формы различного размера.

НТК 25 W/22:
Камерные печи для высокотемпературной обработки с полезным объемом 25 л, рабочей температурой 2200°C и автоматическим управлением с сенсорного дисплея





Печи SERIE 3000 для высокотемпературной обработки

SERIE 3000



HTK 80 GR/30: Камерные печи SERIE 3000 с полезным объемом 80 л и максимальной рабочей температурой до 3000 °С.



LHTG 200-300/30: Лабораторные печи SERIE 3000 с диаметром рабочей камеры 200 мм и длиной зоны нагрева 300 мм.

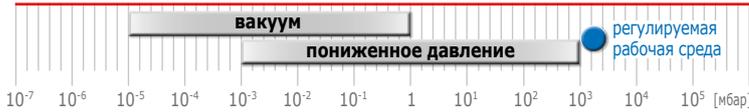
Графитизация аморфного углерода - одна из важнейших тем в исследовании свойств углеродсодержащих материалов.

Исключительные физические свойства углеродсодержащих материалов делают процесс графитизации предметом внимания многих научно-исследовательских институтов. Графитизацией называется изменение структуры аморфного углерода, в результате которого можно получить кристаллический графит. Перед графитизацией исходный материал подвергается пиролизу для получения неструктурированного (аморфного) углерода. Изменение структуры происходит при температуре 2000 °С или, в некоторых случаях, выше. После термообработки свойства полученного материала изучаются методом дифракции.

Для этой наукоемкой области применения компания Carbolite Gero разработала печи SERIE 3000, позволяющие выполнять термообработку при температуре до 3000 °С в среде инертного газа. Печи SERIE 3000 разработаны на базе лабораторных печей LHT и камерных печей HTK с графитовой теплоизоляцией. Печи HTK или LHT серии SERIE 3000 оснащаются камерой дожига, системой газоотведения с подогревом, ретортой, специальной системой циркуляции газов, скользящей термпарой и имеют увеличенную мощность для выполнения термообработки при температуре до 3000 °С. Графитизация и пиролиз могут выполняться в одной печи. Пиролиз, как правило, выполняется при относительно невысоких температурах (400-600 °С), а измерение температуры выполняет скользящая термопара.

После пиролиза пользователь увеличивает температуру до нужной величины, скользящая термопара автоматически выводится из печи и для измерения температуры используется пирометр. Максимальное время, необходимое для выполнения графитизации при температуре 3000 °С, как правило, составляет всего несколько минут. За это время структура аморфного углерода претерпевает необходимые изменения и образуется графит. Регулирование температуры и рабочей среды должно выполняться с особой точностью, и печи SERIE 3000 превосходно справляются с этой задачей. Печи с ручным управлением могут подключаться к компьютеру с помощью программного обеспечения iTools. Печи с автоматическим управлением имеют функцию автоматического занесения данных в системный журнал.

Все газы, образующиеся в результате пиролиза, сжигаются в камере дожига. Сгорание в камере дожига осуществляется при подаче в нее сжатого воздуха и пропана. По сравнению с печами, оснащенными отделителем конденсата, данные печи почти не требуют очистки. Система газоотведения с подогревом предотвращает конденсацию газов, движущихся из рабочей камеры в камеру дожига. Специальная конструкция нагревательных элементов, теплоизоляции, а также увеличенная мощность печи позволяют достигать максимальной рабочей температуры 3000 °С.



Преимущества

- Максимальная рабочая температура 3000 °C
- Камера дожига и подогрев системы газоотведения
- Плавное регулирование давления - идеально для работы с порошками
- Занесение данных в системный журнал для обеспечения контроля качества
- Реторта
- Скользящая термопара
- Пирометр

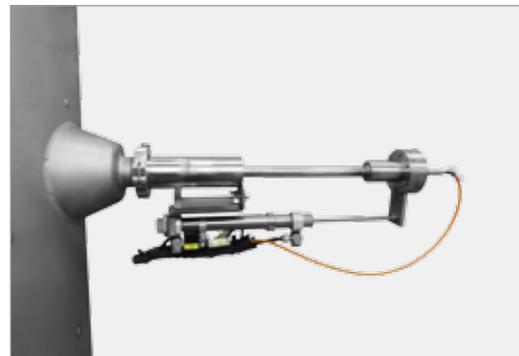
Стандартные области применения

Пиролиз, силицирование, карбонизация, закалка, спекание, отпуск, отжиг, пайка, высокотемпературная пайка, газоочистка, быстрое создание опытных образцов, спекание, удаление связующих веществ, синтез, сублимация, сушка, литье металлов и керамики под давлением

Технические характеристики

Печи LHT и НТК серии SERIE 3000 оснащаются графитовыми нагревательными элементами и теплоизоляцией из графитового войлока. Если печи предназначены для термообработки при температуре 3000 °C, толщина и количество слоев графитовой теплоизоляции специально подбираются с учетом расчетной нагрузки. Установленная мощность печи также рассчитывается исходя из требуемой максимальной рабочей температуры и скорости нагрева печи. Измерение температуры осуществляется с помощью пирометра. Для измерения температуры в диапазоне ниже 1000 °C используется скользящая термопара, которая автоматически вводится в печь. Скользящая термопара позволяет измерять температуру в печи вплоть до комнатной. При более высоких температурах она используется для регулировки пирометра. Нагревательная кассета закрывается кожухом с водяным охлаждением. Печи оснащаются всем необходимым дополнительным оборудованием, таким как фланцы, термометры и электрические соединения. Кожух с двойными стенками обеспечивает водяное охлаждение печи, а также электрических соединений и кабелей. Камера дожига, подключаемая к внешнему источнику подачи сжатого воздуха и пропана, предназначена для сжигания газов и взвешенных частиц, отводимых из печи. Для защиты нагревательных элементов печи оснащаются ретортой со специальной системой циркуляции инертных газов, подаваемых в рабочую камеру. Создается небольшое избыточное давление, и газ подается в реторту. Газы отводятся из печи с помощью системы газоотведения, которой оснащена реторта. Это позволяет увеличить срок службы нагревательных элементов и сократить затраты на очистку.

Печи могут иметь как ручное, так и автоматическое управление, осуществляемое при помощи программного обеспечения. В печах с ручным управлением работа всех клапанов и насосов контролируется вручную с панели оператора. Для измерения расхода газа используется ротаметр. В печах с автоматическим управлением все параметры и функции выводятся на сенсорный дисплей. Для контроля расхода газа используются регуляторы массового расхода. В обоих случаях данные могут заноситься в системный журнал, позволяя вести необходимую статистику.

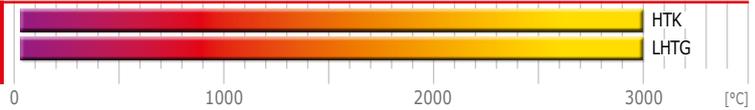


Скользящая термопара, которая вводится в зону нагрева печи, предназначена для измерения и регулирования температуры до 1000 °C. По достижении 1000 °C термопара выводится из зоны нагрева и ее функцию выполняет пирометр.



Пирометр, позволяющий измерять температуру в диапазоне до 3000 °C. Пирометр измеряет уровень теплоизлучения в зоне нагрева печи, проходящего через смотровое окошко с кварцевым стеклом. Скользящая термопара используется для регулировки пирометра. По специальному трубопроводу в область смотрового окошка подается газ.

Камерные и лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C



Опции

Компания Carbolite Gero предлагает широкий спектр опций для печей SERIE 3000. Печи HTK и LHT могут оснащаться программным обеспечением, как для ручного, так и для автоматического управления.

Оборудование для создания вакуума:

Печи SERIE 3000, как правило, оснащаются форвакуумными насосами для вытеснения кислорода из рабочей камеры перед началом термообработки. Термообработка в температурном диапазоне 2200-3000 °C выполняется только в среде аргона. Термообработка в среде вакуума в данном температурном диапазоне не выполняется в связи с высоким давлением пара графита.

- В качестве форвакуумных насосов используются одноступенчатые или двухступенчатые роторно-лопастные насосы.
- Насосы других типов предоставляются по запросу

Программное обеспечение:

Управление работой печей с помощью программного обеспечения может выполняться вручную или автоматически. Для печей с автоматическим управлением используется программное обеспечение TP 1900 или Win CC. В обоих случаях управление осуществляется с сенсорного дисплея, графический интерфейс которого удобен и интуитивно понятен. Однако при использовании программного обеспечения Win CC на сенсорном дисплее отображается больше функций. Оба типа программного обеспечения поддерживают функцию занесения данных в системный журнал.

- TP 1900: В памяти может храниться до 20 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 25 сегментов.
- Win CC: В памяти может храниться до 50 программ термообработки, каждая из которых может включать в себя до 30 сегментов.

Для ручного управления используются два контроллера.

Ручное управление печами осуществляется с помощью контроллеров Eurotherm в сочетании с панелями оператора

KP 300. Управление клапанами и насосами выполняется простым нажатием кнопок на панели оператора. Программное обеспечение iTools, совместимое с ПК, имеет функцию занесения данных в системный журнал.

- Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 10 различных программ, состоящих из 500 сегментов.
- Eurotherm 3508: В памяти может храниться до 50 программ, состоящих из 500 сегментов
- Интерфейс RS 232/485
- Программное обеспечение iTools (ОПЦИЯ)
- Защита от перегрева (опция). Рекомендуется, если печь работает непрерывно или имеет автоматическое управление
- Удаленное управление

Водяное охлаждение:

Если на месте эксплуатации не установлена система водяного охлаждения, она может предоставляться по запросу. Мощность системы охлаждения рассчитывается исходя из технических характеристик печи.

- Система водяного охлаждения: холодильная машина

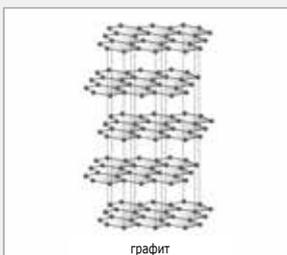


В серию SERIE 3000 входят следующие модели печей:

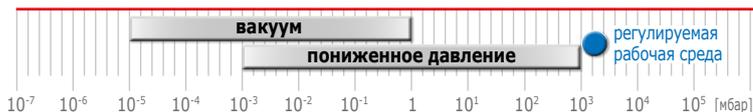
- HTK 8 GR
- HTK 25 GR
- HTK 80 GR
- LHTG 100-200
- LHTG 200-300

Примеры использования

Термообработка и анализ физических свойств графита



Сегодня исследование физических свойств графита находится в центре внимания многих научно-исследовательских институтов. Полученный в результате термообработки образец изучается с помощью просвечивающего электронного микроскопа, для чего подготавливается тонкий срез образца. Этот срез просвечивается пучком электронов, проходящих сквозь кристаллическую решетку и взаимодействующих с ней. Как правило, качество кристаллической решетки графита возрастает по мере роста температуры термообработки аморфного углерода. Печи SERIE 3000 идеально подходят для решения подобных задач.



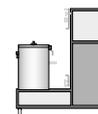
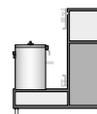
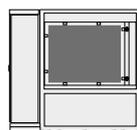
Камерные и лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000 °C

Технические характеристики



Модель

Графит



HTK 80 GR/30-1G

LHTG 100-200/30-1G

LHTG 200-300/30-1G

Габаритные размеры

ВхШхГ [мм]

2500 x 2400 x 2500

1800 x 1600 x 1000

1800 x 1600 x 1000

Вес с упаковкой

Вес всей системы [кг]

4000

1000

1500

Полезное пространство

Объем [л]

80

1.5

9.4

ВхШхГ, полезный объем без реторты [мм]

400 x 400 x 500

-

-

φ x В, полезный объем без реторты [мм]

-

100 x 200

200 x 300

ВхШхГ, полезный объем с ретортой [мм]

380 x 380 x 480

-

-

φ x В, полезный объем с ретортой [мм]

90 x 200

180 x 300

Рабочая температура

T_{макс} вакуум [°C]

2200

2200

2200

T_{макс} атмосферное давление [°C]

3000

3000

3000

**ΔT, от 500 до 2200 °C [K]
(в соответствии с DIN 17052)**

± 10

± 10

± 10

Макс. скорость нагрева до 2000 °C [K/мин]

10

20

20

Время охлаждения [ч]

8

5

7

Характеристики питания

Потребляемая мощность [кВт]

250

40

85

Напряжение [В]

400 (3-ф.)

400 (3-ф.)

400 (3-ф.)

Ток [А]

3 x 362

3 x 310

3 x 85

Плавкие предохранители, установленные последовательно [А]

3 x 400

3 x 125

3 x 100

Вакуум (опция)

Скорость утечки (чистая, холодная, пустая камера) [мбар л/с]

< 5 x 10⁻³

Уровень вакуума, в зависимости от насоса

низкий или средний вакуум

Охлаждающая вода

Расход [л/мин]

200

30

75

Макс. температура на входе (°C)

23

23

23

Расход подаваемого газа

Азот или аргон, другие газы доступны по запросу [л/ч]

200-2000

50-500

50-500

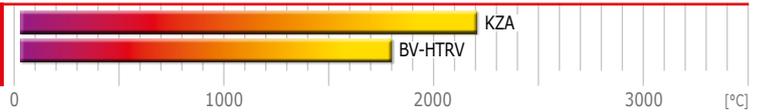
Контроллер

Ручное управление:

Контроллеры Eurotherm с панелью оператора KP 300

Автоматическое управление

Siemens



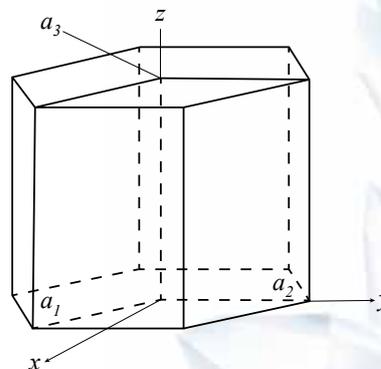
Выращивание кристаллов методом Бриджмена

Метод Бриджмена - один из наиболее распространенных методов выращивания кристаллов. Он применяется как для выращивания небольших кристаллов в лабораториях для исследования их физических свойств, так и для промышленного производства больших монокристаллов. Данный метод широко применяется для выращивания полупроводящих кристаллов или при производстве оптических устройств (например, линз). Одной из наиболее распространенных областей применения является производство датчиков инфракрасного излучения на основе монокристаллов из теллурида кадмия или теллурида кадмия ртути (CdTe / CdHgTe), выращенных методом Бриджмена. Все это позволяет назвать метод Бриджмена одним из наиболее активно применяемых методов выращивания кристаллов.

Сущность метода состоит в том, что исходный материал под воздействием определенных температур плавится, а затем формируется в монокристалл. Для этого требуется тигель, заполняемый предварительно синтезированным материалом. Нередко используются кварцевые ампулы, в которые подается материал, который затем расплавляется в условиях вакуума. Кварцевые ампулы оснащаются наконечником и оттянутым концом или крючком, позволяющими удерживать и перемещать их по рабочей трубке печи.

Компания Carbolite Gero обладает более чем тридцатилетним опытом разработки оборудования для выращивания

кристаллов. В данном разделе приводится описание некоторых печей для выращивания кристаллов методом Бриджмена. Метод Бриджмена является одной из наиболее распространенных технологий выращивания кристаллов. Однако компания Carbolite Gero разрабатывает и оборудование для выращивания кристаллов по другим технологиям, например методом Стокбаргера. Этот метод не требует использования подвижных деталей оборудования. Расплавленный материал охлаждается с очень малой скоростью и высокой точностью регулирования температуры.



Пример: Гексагональная кристаллическая решетка

Подробное описание выращивания кристаллов методом Бриджмена

Кварцевая ампула помещается в рабочую трубку печи с определенным температурным градиентом. Затем печь нагревается до температуры, при которой плавится материал в ампуле. По прошествии времени нагрева ампула начинает двигаться по рабочей трубке с очень малой скоростью (0,1-10 мм/ч) из зоны более высокой температуры в зону более низкой температуры. В районе наконечника ампулы образуется зародыш кристалла. Наибольший из образовавшихся зародышей по мере движения ампулы развивается в монокристалл. Процесс может длиться несколько дней. Для обеспечения высокого качества монокристалла необходимо избегать любых вибраций в процессе выращивания. Малейшие вибрации механических компонентов оборудования или вибрации от предметов в лаборатории могут губительно сказаться на результатах процесса. Результаты становятся видны только по завершении выращивания, когда кристаллизуется весь расплавленный материал. На завершающем этапе процесса (отпуск), как правило, выполняется термообработка кристалла ниже температуры плавления. Затем ампула осторожно охлаждается, и полученный кристалл извлекается из нее. Выполняется ориентация кристалла, а затем делаются срезы для дальнейшего анализа. Кварцевая ампула может располагаться в печи в подвесном положении или на опоре. На рисунке показано, как ампулы подвешиваются и перемещаются в рабочей трубке печи.



В верхней части рисунка показана ампула для выращивания кристаллов методом Бриджмена с наконечником и оттянутым концом. В средней части рисунка показана запаянная с одного конца ампула. Полученный таким образом наконечник становится местом образования зародыша кристалла, по прохождению ампулой зоны температурного градиента. В нижней части рисунка показана ампула с крючком.



Трубчатые печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена

Вертикальная печь для выращивания кристаллов методом Бриджмена оснащается одной зоной нагрева (расположенной внизу), герметичными фланцами и приводным валом с водяным охлаждением. Скорость перемещения образца в печи регулируется при помощи потенциометров. Любая трубчатая печь Carbolite Gero может быть установлена на раму. Для более точной регулировки температурного профиля рекомендуются трубчатые печи с несколькими зонами нагрева.

Перевернутая конструкция:

Рабочая камера печи устанавливается в верхней части рамы, а подъемный блок - в нижней, что позволяет установить кварцевую ампулу на опоре.

Вертикальная печь для выращивания кристаллов методом Бриджмена (BV-HTRV) оснащается одной зоной нагрева (расположенной сверху), герметичными фланцами и приводным валом с водяным охлаждением. Скорость перемещения образца в печи регулируется с помощью контроллера. Также имеется функция быстрого перемещения. Скорость перемещения также может регулироваться потенциометром.

Подробное описание печей BV-HTRV 70-250/18 см. на стр. 56 и 57. Практически любая трубчатая печь может быть оснащена подъемным блоком для выращивания кристаллов.

Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена, с охлаждаемым кожухом

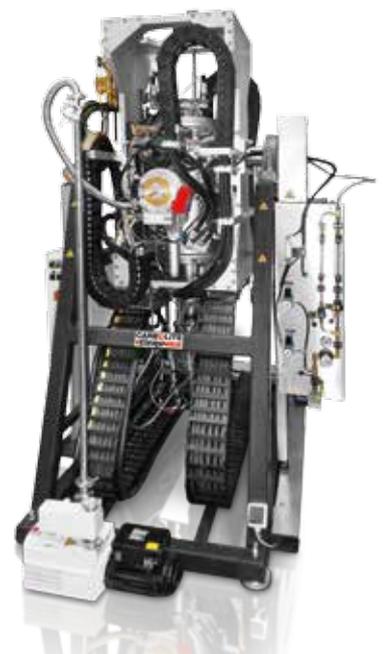
Современные печи для термообработки в среде вакуума при температуре до 2200 °C могут оснащаться теплоизоляцией и нагревательными элементами из графита.

Данные печи предназначены для выращивания кристаллов методом Бриджмена в среде высокого вакуума. Для этого они оснащаются турбомолекулярным насосом, позволяющим создавать рабочее давление до 10⁻⁶ мбар. Печи могут иметь до трех зон нагрева. Кроме того, печи могут иметь как вертикальное, так и горизонтальное расположение рабочей трубки, а также под углом в диапазоне от 0 до 90 градусов. Резервуар с жидким металлом (сплав индия и галлия) обеспечивает максимальную точность температурного градиента.



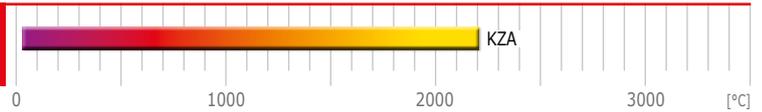
BV-HTRV 70-250/18: Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с длиной зоны нагрева 250 мм и максимальной рабочей температурой 1800 °C. Данные печи оснащаются форвакуумным насосом.

BV-HTRV 40-500/18: Печь для выращивания кристаллов методом Бриджмена с длиной зоны нагрева 500 мм и максимальной рабочей температурой 1800 °C. Подъемный блок расположен в верхней



KZA-V40-400/16-1G: Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с длиной зоны нагрева 400 мм, максимальной рабочей температурой 1600 °C, графитовыми нагревательными элементами (три зоны нагрева), для работы в среде вакуума и инертного газа, с полностью автоматическим управлением и функцией занесения данных в системный журнал.

Оборудование для выращивания кристаллов методом Бриджмена

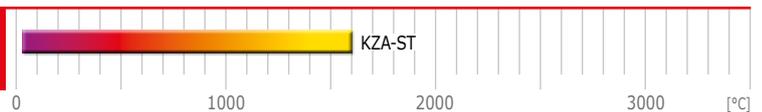


Специальные печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 2200°C: Образец медленно перемещается по рабочей камере из зоны высокой температуры в резервуар с жидким металлом с низким давлением пара (сплав индия и галлия). Подобная конструкция позволяет создавать высококачественные температурные градиенты.



KZA-V 25-500/20: Печь для выращивания кристаллов методом Бриджмена с длиной зоны нагрева 500 мм, максимальной рабочей температурой 2000°C, графитовыми нагревательными элементами (4 зоны нагрева), для работы в среде вакуума и инертного газа, с полностью автоматическим управлением и функцией занесения данных в системный журнал.

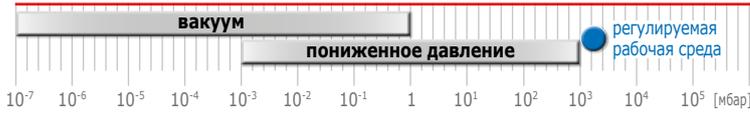
Оборудование для выращивания кристаллов методом Стокбаргера



Печь для выращивания кристаллов методом Стокбаргера с пятью зонами нагрева, теплоизоляцией / нагревательными элементами из графита и точным регулированием температуры.

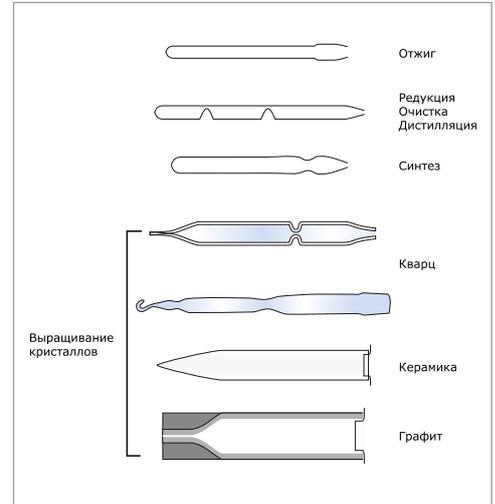


KZA-ST 400-400/16: Печь для выращивания кристаллов методом Стокбаргера с диаметром рабочей камеры 400 мм, длиной зоны нагрева 400 мм и максимальной рабочей температурой 1600°C.



Оборудование для выращивания кристаллов

Компания Carbolite Gero занимается разработкой печей и оборудования для выращивания кристаллов. Основатели компании Роланд Гейгер и д-р Герд Лампрехт изначально работали в лаборатории выращивания кристаллов института Макса Планка в Штутгарте. Компания Carbolite Gero предлагает широкий спектр оборудования для выращивания кристаллов.

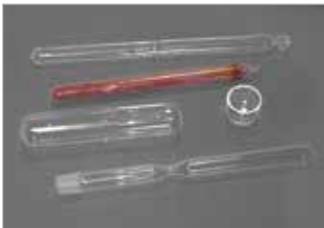


Типы ампул

Можно заказать ампулы и тигли разных размеров.

Дополнительные принадлежности:

- Горелки
- Станки для резки алмазной проволокой
- Оборудование для измерения температуры
- Компоненты из стекла
- Контейнеры для хранения



Кварцевые трубки для очистки и синтеза



Защитные трубки для работы в среде вакуума и защитного газа



Кварцевые трубки для выращивания кристаллов методом Бриджмена и выращивания из паровой фазы



Керамические тигли для выращивания кристаллов методом Бриджмена



Графитовые тигли для выращивания кристаллов методом Бриджмена



Керамические тигли и лодочки для синтеза и очистки



Стекло-металлические переходники для вакуумных соединений



Компоненты из стекла для работы в среде вакуума



Мембранные контейнеры для безопасного хранения и транспортировки



Стеклоуглеродные тигли для выращивания кристаллов методом Бриджмена и другими методами



Станок для резки алмазной проволокой для высокоточной подготовки образцов



Горелка для плавки, графитизации и нагрева

Промышленная печь для производства сверхпроводящих материалов для нужд ЦЕРН



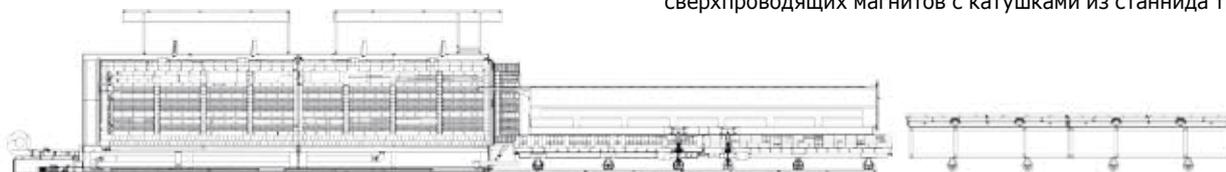
В последнее время компания Carbolite Gero в сотрудничестве с Европейской организацией по вопросам ядерных исследований (ЦЕРН), Женева, Швейцария, занимается выполнением сложного научно-технического проекта.

В настоящий момент ЦЕРН работает над созданием самого большого в мире ускорителя элементарных частиц, так называемого Большого адронного коллайдера (БАК). Недавно ученые ЦЕРН доказали существование бозона Хиггса, отвечающего за массу элементарных частиц. До этого знаменательного открытия данная частица существовала лишь в теории. В настоящий момент ЦЕРН разрабатывает планы модернизации БАК. К 2020-2025 планируется увеличить светимость БАК, позволив задействовать все его возможности и значительно поспособствовать техническому прогрессу. Для осуществления проекта необходимо разработать новые дипольные сверхпроводящие магниты для создания сильных и средних полей (6 м длиной) и квадрупольные сверхпроводящие магниты для создания сильных полей (8 м длиной). Эти магниты должны создавать магнитное поле индукцией до 12 Тл. В настоящий момент ведется разработка и изготовление полномасштабных опытных образцов.

$$\max [|T(\vec{r}_i, t) - T(\vec{r}_j, t)|] \leq 6 \text{ K}$$

Эти магниты изготавливаются из станнида триниобия (Nb₃Sn) - сверхпроводящего материала, требующего нескольких циклов реакционной термообработки при температуре 200, 400 и 650°C соответственно. Однородность температуры при термообработке должна составлять ±3°C.

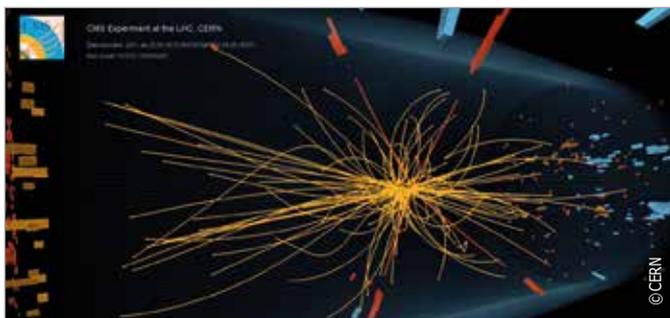
Для этой цели была разработана реакционная печь со специально подобранными характеристиками. Высокоточное регулирование температуры в печи обеспечивается за счет использования нескольких зон нагрева. Кроме того, система вентиляции инертного газа также обеспечивает соответствие требованиям к однородности и времени линейного увеличения температуры. По результатам приемо-сдаточных испытаний, проведенных компанией Carbolite Gero и ЦЕРН, однородность температуры превзошла заявленные ±3°C. Компания Carbolite Gero, с учетом индивидуальных требований заказчика, разработала систему загрузки/разгрузки сверхпроводящих катушек и обеспечила их защиту от вибраций и механических воздействий в процессе реакционной термообработки. Разработанная печь имеет полностью автоматическое управление и в данный момент используется для изготовления сверхпроводящих магнитов с катушками из станнида триниобия.



Герметичная реторта длиной 7 м для изготовления сверхпроводящих катушек.



Промышленная печь со специальной системой загрузки и разгрузки.



Столкновение элементарных частиц в Большом адронном коллайдере.



Скорость элементарных частиц в ускорителе близка к скорости света.

Термообработка в воздушной среде и среде инертного газа / вакуума / пониженного давления в одной печи

Данные многофункциональные печи были разработаны компанией Carbolite Gero для научно-исследовательских целей. Полезное пространство внутри кожуха с водяным охлаждением имеет диаметр 400 мм и высоту 400 мм. Таким образом, общий объем рабочей камеры составляет 50 л. Внутри кожуха с водяным охлаждением могут размещаться две нагревательные кассеты, в зависимости от области применения. Первая кассета имеет нагревательные элементы из дисилицида молибдена (MoSi_2) и теплоизоляцию из керамического волокна. Это позволяет выполнять термообработку при температуре до 1600°C даже в среде чистого кислорода. Также термообработка может выполняться в смеси трех газов. Печи данной конструкции предназначены только для работы с кислородом. В среде вакуума или

инертного газа на поверхности нагревательных элементов не сможет сформироваться защитный слой диоксида кремния. Поэтому данные печи не предназначены для термообработки в вакууме или инертном газе. Эту проблему позволило решить использование второй нагревательной кассеты с нагревательными элементами и теплоизоляцией из графита. Для термообработки без использования кислорода достаточно сменить нагревательную кассету, после чего печь можно использовать для термообработки в среде вакуума, небольшого избыточного давления или пониженного давления в диапазоне 10-1000 мбар. Для работы с пониженным давлением используется двухступенчатый роторно-лопастной насос, оснащенный клапаном с пневматическим приводом. При подаче газа можно регулировать давление и расход газа. Печи могут иметь полностью автоматическое управление и в настоящий момент используются по назначению. Специальная термopара, движущаяся вертикально, позволяет измерять температуру по всей длине зоны нагрева. Однородность температуры в рабочей камере составляет $\pm 0,6^\circ\text{C}$.



Нагревательная кассета с керамическими нагревательными элементами



Нагревательная кассета с графитовыми нагревательными элементами



Вся печь

Большие трубчатые печи F

Трубчатая печь с длиной зоны нагрева 5,5 м и максимальной рабочей температурой 1000°C

Одной из последних разработок компании Carbolite Gero является трубчатая печь с длиной зоны нагрева 5,5 м. Однородность температуры в рабочей камере составляет ± 10 К. Рабочая камера имеет три зоны нагрева, регулирование температуры в которых выполняется по схеме "ведущий-ведомый". В стандартной конфигурации трубчатые печи оснащаются проволочными нагревательными элементами из фехрала (CrFeAl), которые крепятся к теплоизоляции из керамического волокна. Печи имеют систему конвекционного охлаждения наружным воздухом. Могут использоваться рабочие трубки полезным диаметром 120 мм. Для сохранения нужной формы образца в рабочую трубку по всей ее длине вставляется специальная пластина, на которую помещается образец. Нагревательные элементы расположены в верхнем и нижнем блоках печи, которая, таким образом, является раскладной. Для извлечения рабочей трубки печь раскладывается автоматически.



Раскладная трубчатая печь с длиной зоны нагрева 5,5 м и максимальной рабочей температурой 1000°C.

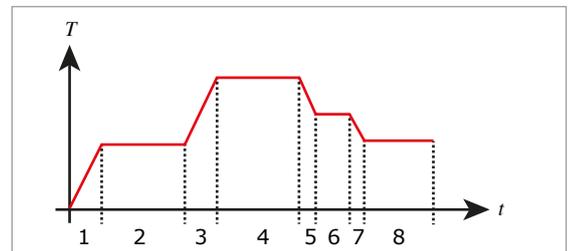
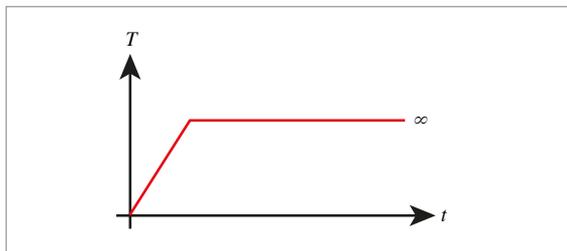
Компания Carbolite Gero предлагает широкий спектр опционального программного обеспечения и контрольно-измерительного оборудования. В зависимости от требований заказчика и области применения печей могут использоваться различные контроллеры: от стандартных контроллеров (можно задавать только одну уставку температуры) до больших сенсорных панелей оператора с функцией занесения данных в системный журнал и удаленного управления.



Контроллер Eurotherm 3216

Контроллер Eurotherm (серия 3216) позволяет регулировать время нагрева и время выполнения термообработки.

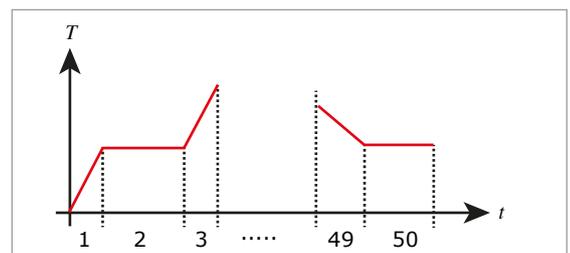
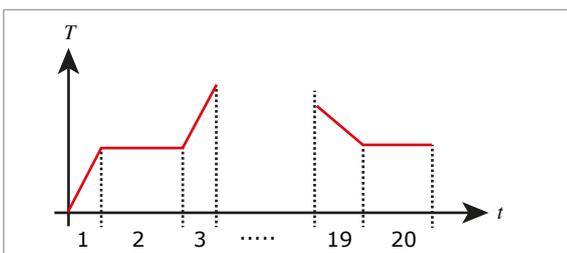
Второй контроллер Eurotherm (3216) позволяет выполнять термообработку по одной программе, включающей до 8 сегментов. Один сегмент может включать в себя в себя время нагрева, охлаждения или выполнения термообработки.



Контроллер Eurotherm 3508

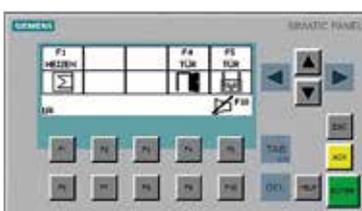
Контроллер Eurotherm (серия 3508) позволяет выполнять термообработку по одной программе, включающей до 20 сегментов. Один сегмент может включать в себя время нагрева, охлаждения, выполнения термообработки или даже резкое изменение температуры.

В памяти второго контроллера Eurotherm (серия 3508) может храниться 10 программ термообработки, включающих до 50 сегментов. Таким образом, общее количество сегментов составляет 500. Один сегмент может включать в себя время нагрева, охлаждения, выполнения термообработки или даже резкое изменение температуры.



Контроллер защиты от перегрева серии 2132i

Данное устройство позволяет задавать различные уставки температуры для защиты печи, термошкафа и находящихся в них образцов. Если основными контроллерами являются устройства серии 3216 или 3508, то данный вид защиты обеспечивается дополнительным независимым контроллером 2132. Для печей с автоматическим управлением или при обработке особо ценных образцов настоятельно рекомендуется обеспечить защиту от перегрева.



Панель оператора KP 300 basic

Печи с ручным управлением оснащаются панелью оператора KP 300 basic. С помощью сенсорного дисплея панели можно запускать процесс термообработки, открывать/закрывать клапаны или включать вакуумный насос. Также имеется возможность удаленного управления. Данная панель оператора используется только в сочетании с контроллером Eurotherm 3508.



Контроллер серии Mini 8

В памяти контроллера Eurotherm Mini 8 может храниться 12 программ термообработки, включающих до 16 сегментов. Один сегмент может включать в себя время нагрева, охлаждения, выполнения термообработки или даже резкое изменение температуры. Данный контроллер позволяет управлять работой насосов, регуляторов массового расхода или клапанов. В качестве опции доступно удаленное управление. Контроллер серии Mini 8 имеет цветной сенсорный дисплей с диагональю 4,3 или 7,5 дюйма.



Контроллер TP 1900 (19")

В памяти контроллера TP 1900 (19") может храниться 20 программ термообработки, включающих до 25 сегментов. Автоматическое управление работой печи осуществляется с сенсорного дисплея. Все данные, передаваемые регуляторами массового расхода, датчиками давления и др., заносятся в системный журнал. Доступ к данным легко получить, выполнив экспорт в файл формата csv, что позволяет вести необходимую статистику. В качестве опции доступно удаленное управление.



Управление с помощью программного обеспечения Win CC

Программное обеспечение Win CC позволяет хранить в памяти до 50 программ термообработки, включающих до 30 сегментов. Автоматическое управление работой печи осуществляется с сенсорного дисплея. Все данные, передаваемые регуляторами массового расхода, датчиками давления и др., заносятся в системный журнал. Доступ к данным легко получить, выполнив экспорт в файл формата csv, что позволяет вести необходимую статистику. В качестве опции доступно удаленное управление. Для обеспечения доступа к программному обеспечению с другого компьютера можно установить программу Teamviewer. Поскольку в систему управления с помощью программного обеспечения Win CC входит полнофункциональный ПК, данная система обладает даже большей гибкостью, чем контроллер TP 1900.

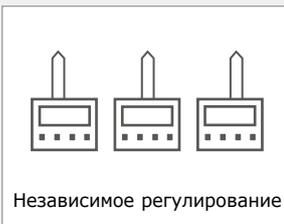


Каскадное регулирование температуры

Данная функция предназначена для более точного регулирования температуры образца. Стандартный контроллер измеряет температуру рядом с нагревательными элементами. Система каскадного регулирования включает дополнительную термопару, которая измеряет температуру образца. Используются контроллеры двухпроводной линии связи 3508, TP 1900, Mini 8, или управление с помощью программного обеспечения Win CC.

Регулирование температуры в трех зонах нагрева

Данной функцией оснащаются трубчатые печи с тремя зонами нагрева для увеличения длины однородного нагрева.



Независимое регулирование

Независимые контроллеры

В данной конфигурации используются три независимых контроллера, к каждому из которых подключается своя термопара, расположенная в соответствующей зоне нагрева. Данная опция не позволяет создавать температурные градиенты.



Повторная передача уставки

Повторная передача уставки

Данная конфигурация, как правило, доступна для трубчатых печей с тремя зонами нагрева. Ведущий контроллер управляет двумя ведомыми контроллерами.



Каскадное регулирование температуры в трех зонах нагрева

Каскадное регулирование температуры в трех зонах нагрева

Как и в печах с одной зоной нагрева, каскадное регулирование позволяет увеличить скорость нагрева образца и обеспечить более точный контроль его температуры. Рекомендуются контроллеры серии 3508, TP 1900, Mini 8, или управление с помощью программного обеспечения Win CC.

Данные опции позволяют управлять температурой или однородностью температуры, подачей газа, а также сжиганием реактивных газов или паров связующих веществ. При выборе опционального оборудования оно включается в комплект поставки печи. Также имеется возможность отдельно заказать опциональное оборудование для модернизации действующих печей.



Реторты

Реторты, изготовленные из графита, молибдена или вольфрама, позволяют физически отделить обрабатываемые изделия от зоны нагрева печи и могут использоваться с разными целями. Например, когда нужно отделить образец от других компонентов печи, чтобы защитить печь от воздействия образца или, наоборот, образец от воздействия материалов, используемых в печи. Такое разделение также может быть необходимо для процессов пиролиза, которые проходят в определенной рабочей среде, для предотвращения образования пироконденсата в вакуумном резервуаре. Мы производим реторты, которые подходят для любых печей стандартных размеров.



Система быстрого охлаждения

Система быстрого охлаждения - это узел, предназначенный для повышения производительности печи. Например, процесс охлаждения часто требует слишком много времени, особенно если печь работает в низком температурном диапазоне. Система быстрого охлаждения удаляет нагретый технологический газ из реторты, охлаждает газы в теплообменнике и подает охлажденные газы обратно в печь. В зависимости от конкретной загрузки, данный узел может вдвое сократить время охлаждения печи.



Пылеуловитель для процессов, связанных с выделением большого количества пыли

Пылеуловитель удаляет значительную часть пыли, которая образуется во время процессов, связанных с выделением частиц и образованием пыли. Пылеуловитель действует аналогично циклонному фильтру: частицы определенного размера отделяются в нижней секции устройства. Фильтр защищает трубопровод печи от пыли и загрязнения.



Система подачи дополнительных газов, например монооксида углерода, водорода, гелия

В процессах термообработки могут использоваться любые стандартные технологические газы. При работе с горючими газами необходимо использовать дополнительное оборудование, способное автоматически обеспечивать безопасность работы печей, а также соответствие действующим нормам. Существует два типа систем подачи газа. В первом случае система состоит из расходомера и клапанов с ручным приводом, регулирующих количество пропускаемого газа. Во втором случае применяются электронные регуляторы массового расхода. При работе с токсичными или горючими газами принимаются соответствующие меры безопасности. Газы удаляются посредством откачивания или сжигания, а также через систему их отвода из рабочей камеры. Конструкция системы подачи газа зависит от типа выполняемого процесса. Например, газы могут подаваться непосредственно в реторту, или же их строго отмеренное количество может находиться вне реторты. Иногда строго отмеренное количество технологического газа закачивается в реторту, а защитный газ находится снаружи.



Защитное оборудование для горючих газов

Как правило, защитное оборудование для горючих и токсичных газов представляет собой специальные предохранительные устройства, которые регулируют предварительное давление и расход рабочего газа. Если подача газа становится недостаточной, все процессы автоматически останавливаются, и начинается продувка печи газом. Чтобы продувочного газа всегда было достаточно для продувки печи и не возникало проблем с предохранительным устройством, защитный газ хранится в специальных баллонах. В этих баллонах хранится весь запас продувочного газа, и они являются частью предохранительного оборудования. Токсичные и горючие газы, не содержащие галогенов, сжигаются в соответствующих устройствах для сжигания, попадая туда через систему газоотведения.



Дополнительные нагревательные элементы на дверце и задней стенке для улучшения однородности температуры

В стандартном исполнении нагревательные элементы в камерных печах устанавливаются на четырех стенках рабочей камеры. Таким образом, они нагревают под, свод и стенки печи, что обеспечивает необходимую однородность температуры. При выполнении сложных процессов термообработки, когда необходимо соблюдать особые требования, на дверце и задней стенке печи устанавливаются дополнительные нагревательные элементы. При этом необходимо установить подходящий нагревательный элемент внутри печи. Снаружи печи находятся силовые кабели, подсоединяется датчик температуры (пирометр или термопара) и устанавливается фланец. Вспомогательные нагревательные элементы управляются через трансформатор низкого напряжения и включенный перед ними тиристор.



Вакуумная насосная установка для смены рабочей среды

Каждая установка, если она не работает с воздухом, должна иметь систему для смены рабочей среды. Если к составу остаточного газа не предъявляются строгие требования, смена рабочей среды может выполняться при помощи продувки. Однако в печах для высокотемпературной обработки применение данного метода может вызывать повышенный износ, поскольку пористую теплоизоляцию сложно полностью очистить от кислорода путем продувки. При нагреве печи оставшийся в ней кислород будет вступать в реакцию с материалом теплоизоляции, что приведет к ее преждевременному износу. Поэтому в печах такого типа для смены рабочей среды необходимо использовать хотя бы простейший вакуумный насос. Простое вакуумирование и заполнение защитным газом обеспечивает снижение содержания остаточного кислорода приблизительно до 200–500 ppm. Эту цифру можно значительно снизить путем многократной откачки и подачи газа.



Вакуумная насосная установка для создания форвакуума до 5 x 10⁻² мбар

Обработка в вакуумной среде, как правило, требует создания пониженного конечного давления, а зачастую - создания более высокого вакуума. В таких случаях применяются форвакуумные насосы в сочетании с насосами Рутса. Это позволяет снизить конечное давление до уровня приблизительно 10% от конечного давления, создаваемого форвакуумным насосом. Благодаря этому можно получить значительно более высокий вакуум. Те или иные сочетания насосов выбираются в зависимости от объема печи и требований заказчика.



Насос для создания высокого вакуума (до 10^{-5} мбар)

Для создания высокого вакуума необходимо использовать дополнительные масляные диффузионные насосы или турбомолекулярные насосы. Параметры насосной установки в значительной степени зависят от типа печи. Печи с графитовой теплоизоляцией могут работать с соответствующими масляными диффузионными насосами в диапазоне давлений 10^{-5} мбар. Печи, не имеющие волоконной изоляции вакуумной камеры, могут работать в диапазоне давлений 10^{-6} мбар или выше.



Устройство для удаления связующих веществ с открытым пламенем для сжигания

В процессе термического удаления связующего или пиролиза выделяются газообразные углеводороды, которые рано или поздно конденсируются. Для того чтобы конденсация не происходила в трубопроводе, ведущем к отделителю конденсата или к устройству для сжигания, трубопровод необходимо подогревать. Существует два способа удаления связующего. Простейший способ заключается в создании небольшого избыточного давления в печи и перепада давления со стороны системы газоотведения, благодаря чему газообразные компоненты выводятся из печи. В особых случаях или когда процесс удаления связующего должен проходить при определенном давлении, аналогичный способ удаления газообразных компонентов может применяться с использованием специального вакуумного насоса. Вакуумный насос удаляет газы, а регулятор давления поддерживает давление в печи на необходимом уровне. Это позволяет удалять связующее при давлении, например, 800 мбар и с постоянным расходом газа.

Выделяющиеся в процессе удаления связующего газы конденсируются или, что предпочтительно, сжигаются. Устройство для сжигания должно быть рассчитано на необходимое количество газов связующего вещества, а производственная установка должна быть оснащена оборудованием для создания вакуума.



Скользящая термопара

Высокие температуры обычно измеряются при помощи пирометров. Пирометры имеют заданный диапазон измерений. Мы используем пирометры с диапазоном от 350 до 2500 °C. В момент начала процесса термообработки печь имеет комнатную температуру, и первоначальный нагрев происходит в диапазоне температур, которые пирометр измерять не способен. Но при термообработке чувствительных изделий такой метод неприемлем, так как температуру необходимо увеличивать постепенно с достаточной точностью. Для этого в высокотемпературных печах устанавливается так называемая скользящая термопара. Такая термопара автоматически активируется после загрузки образцов и регистрирует текущую температуру в процессе нагрева. Когда температура достигает определенного значения, ее функцию начинает выполнять пирометр, а термопара выводится из зоны нагрева, поскольку при высоких температурах она может выйти из строя. В процессе охлаждения печи термопара автоматически возвращается в зону нагрева и начинает регулировать процессы при низких температурах.



Эталонный пирометр

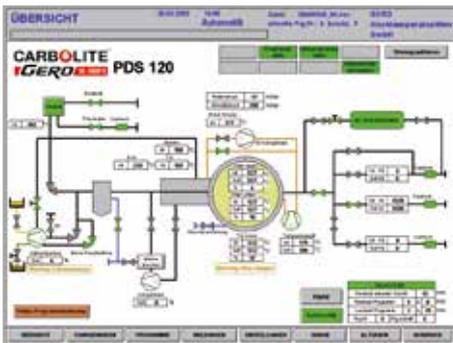
Пирометры - это устройства для бесконтактного измерения температуры. В вакуумных печах пирометры выполняют измерения через герметичное смотровое окошко. Это окошко может загрязняться, что снижает точность измерений. Для проверки точности основного пирометра можно также заказать второй, эталонный пирометр. Окошко этого пирометра имеет клапан для защиты от загрязнения, который открывается, например, каждые 30 мин и остается открытым в течение 30 с. Записанный результат документируется системой регистрации данных. Если результат измерений эталонного пирометра существенно превышает показатели основного пирометра, это свидетельствует о загрязнении диска основного пирометра и необходимости его очистки перед следующим запуском.

Регулировка давления в диапазоне 10-1000 мбар

Когда печь работает с газом при определенном пониженном давлении, постоянный поток этого газа проходит через установленный в печи регулятор массового расхода газа. Если давление в печи превышает заданное в программе значение (например, 80 мбар), открывается регулировочный клапан, и газ начинает стравливаться из печи, чтобы давление опустилось до заданного значения. После этого клапан медленно прикрывается настолько, чтобы из печи выходило только то количество газа, которое подается туда регулятором массового расхода, благодаря чему в печи поддерживается постоянное давление. Данная система регулирования позволяет компенсировать колебания давления, возникающие в процессе нагрева и охлаждения печи. Данная система позволяет поддерживать и определенное избыточное давление.

Варианты повышения рабочей температуры печей

Печи с графитовой изоляцией обычно рассчитаны на рабочую температуру до 2200°C. При необходимости можно повысить максимальную рабочую температуру, но для этого придется обеспечить соответствие других характеристик печи такой температуре. Например, при увеличении рабочей температуры с 2200 до 2500°C потребуются увеличить характеристики печи на 25%. Кроме того, также важно обеспечить соответствие требованиям к расходу охлаждающей воды.



Программное обеспечение WIN CC на промышленном ПК

Управление работой может выполняться вручную или автоматически через систему статистического управления процессами (SPC). В этом случае для управления используется сенсорный дисплей. Программное обеспечение WIN CC, устанавливаемое на промышленный компьютер, имеет значительные преимущества по сравнению с сенсорной панелью, поскольку позволяет документировать процесс и более просто в использовании. Оно позволяет регистрировать все необходимые параметры процесса, включая мощность, напряжение и производительность в конкретный момент времени. Данное программное обеспечение обеспечивает высокую точность анализа процессов. Одновременно с выполняемым процессом в памяти сохраняются данные об образцах, специальные функции, длительность процесса и другие важные параметры. Назначив определенную дату и время, можно автоматически начать работу в любой момент.



Коррекция коэффициента мощности 1.0

Поскольку рабочее помещение не предусматривает какой-либо коррекции коэффициента мощности, это можно сделать в самой печи. Данная функция печи генерирует коэффициент коррекции мощности, близкий к 1.0, и предотвращает попадание реактивной мощности в сеть.



Система прямого водяного охлаждения мощностью до 160 кВт

Если установленная система водяного охлаждения недостаточно эффективна, печи в стандартном исполнении могут комплектоваться оборудованием для охлаждения. Специальное оборудование позволяет использовать печи вне помещений. В этом случае они могут комплектоваться навесами. Для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик конфигурация каждой печи может подбираться индивидуально.

Дополнительное оборудование для обработки в среде вакуума и технологического газа

Для термообработки в среде вакуума или технологического газа к стандартным трубчатым печам (F, HTRH, HTRV) предлагается большой выбор дополнительного оборудования. Материалы с высокой степенью очистки (Al_2O_3 и Al_2O_3 / SiO_2), используемые для изготовления рабочей трубки, фланцы с водяным охлаждением из нержавеющей стали и оборудование для подачи газа позволяют выполнять термообработку в особых средах. При таких процессах обработки расход газа контролируется вручную с помощью расходомера (экономичный вариант) или автоматически, с помощью регулятора массового расхода. Полный ассортимент дополнительного оборудования включает также вакуумные насосы (роторно-лопастные насосы, турбомолекулярные насосы), системы регистрации данных и программное обеспечение.

Модульная конструкция (печь, рабочая трубка, фланцы, рама, система подачи газа) позволяет решать почти любые задачи в сфере высокотемпературной обработки в лабораторных условиях.

Для всех печей компании Carbolite Gero качество используемых материалов имеет большое значение. Кроме стандартных печей мы совместно с нашими заказчиками проектируем системы по индивидуальным заказам, предназначенные для сложных процессов термообработки.



Фланцы из нержавеющей стали с водяным охлаждением



Керамические трубки



Теплоизоляционные заглушки разных размеров и из разных материалов обеспечивают нагрев до максимальной температуры 1800 °C



Комплект оборудования для защиты от излучений

Дополнительное оборудование для трубчатых печей

Различное дополнительное оборудование для трубчатых печей позволяет выполнять термообработку при температуре до 1800 °C в таких средах, как вакуум, инертный или реактивный газ. Могут использоваться трубки с различным полезным объемом, что позволяет использовать данные печи в различных областях применения.



Для печей всех типов можно заказать оборудование для работы с защитным газом и оборудование для работы с вакуумом/защитным газом. Использование трубок из плотного оксида алюминия Al_2O_3 высокой чистоты и оксида алюминия/диоксида кремния (Al_2O_3 / SiO_2) в сочетании с фланцами из нержавеющей стали с водяным охлаждением позволяет установить газонепроницаемую испытательную камеру, в которой можно создавать определенные рабочие среды.



При необходимости наши трубчатые печи могут комплектоваться прочной сварной рамой в стационарном исполнении или с колесиками, с установкой или без установки шкафа управления.



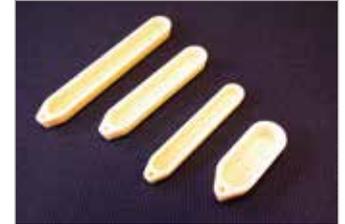
Для удобства работы с вакуумом/защитным газом соответствующее оборудование можно размещать в дополнительных кожухах, которые крепятся к корпусу печи. Данные кожухи позволяют установить до двух систем подачи газа.



Поскольку некоторые печи могут иметь как горизонтальное, так и в вертикальное исполнение, мы разработали дополнительную опору для печей, гарантирующую безопасность их эксплуатации при любом положении рабочей трубки.



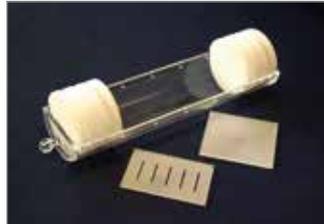
В качестве дополнительного оборудования фланцы могут оснащаться быстрьюемными уплотнениями.



Предлагаются пробоотборные лодочки для загрузки образцов и тигли разных размеров, изготовленные из различных материалов.



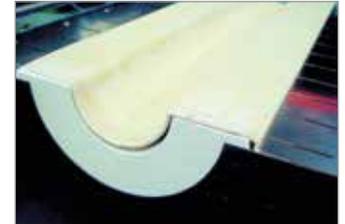
Вакуумные насосы или комплексные насосные установки с соответствующей технологией измерений



По требованию заказчика мы производим держатели для образцов пластинчатой формы или фиксаторы для образцов из различных материалов.



Полностью готовая система подачи защитного газа на монтажной пластине или в качестве компонента установки, входящего в комплект поставки оборудования для лабораторий.



К раскладным трубчатым печам можно приобрести прочные керамические панели, служащие для защиты нагревательных элементов и закрепления образцов.

Торцевые уплотнения рабочей трубки

Торцевые уплотнения применяются для работы с регулируемой рабочей средой и вакуумом до 10^{-6} мбар. Данные торцевые уплотнения изготавливаются из нержавеющей стали и используются только с удлиненными рабочими трубками. В наличии имеются уплотнения для рабочих трубок со следующими внешними диаметрами: 32, 46, 60, 70, 86, 100, 111, 150 и 165 мм. Другие размеры можно заказать за дополнительную плату.

Для использования с торцевыми уплотнениями выпускаются следующие фитинги: глухое уплотнение, газовые штуцеры (впускные/выпускные), вакуумные фланцы (NW16, NW25 или NW40) и уплотнения термопар (диаметр 1,5, 3 и 10 мм). Если диаметр торцевого уплотнения достаточно велик, можно использовать комбинации перечисленных фитингов, например впускной/выпускной газовой штуцер + уплотнение термопары. Торцевые уплотнения используются вместе с теплоизоляционными заглушками и экранами защиты от излучений. По запросу предоставляются торцевые уплотнения с водяным охлаждением. Для того чтобы рабочая трубка выдержала вес торцевых уплотнений, рекомендуется применять специальные опоры.



Газовый штуцер (впускной/выпускной)



Вакуумный фланец NW40



Уплотнение термопары (1,5 мм)

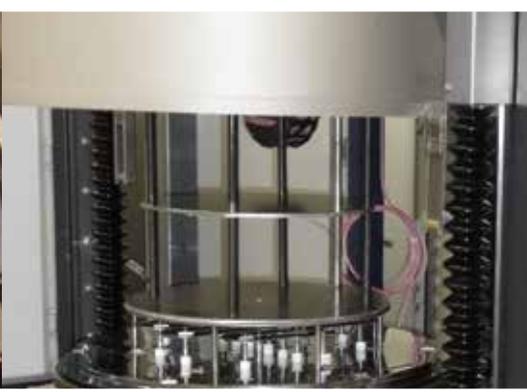
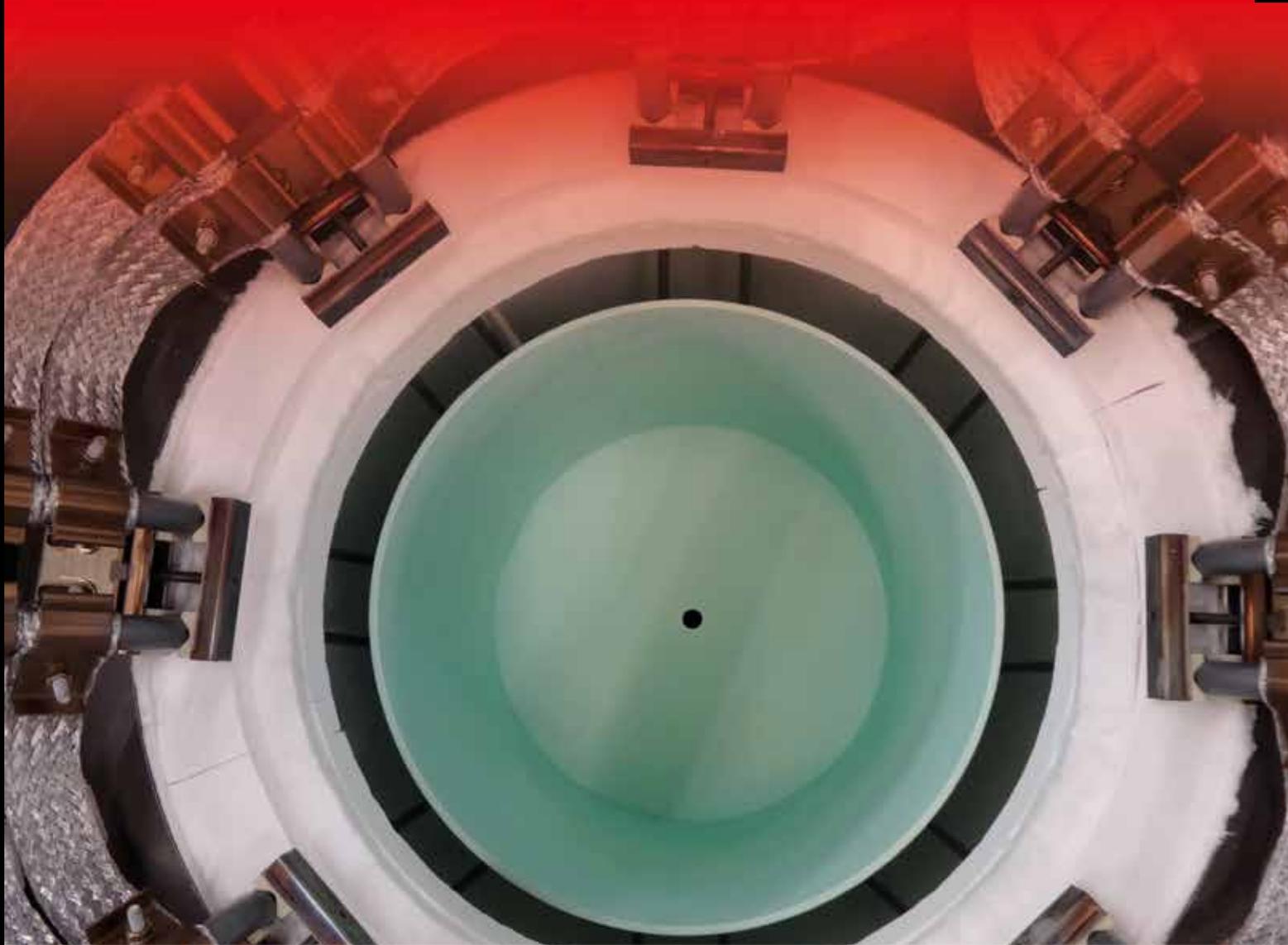
Материал трубки	Материал трубки	Тип/серия печи	Максимальная рекомендуемая температура при атмосферном давлении [°C]	Максимальная рекомендуемая температура в вакууме [°C]	Максимальный внутренний диаметр [мм]	Максимальная скорость нагрева [К/ч]
Силлиманит (Al ₂ O ₃) 530	Оксид алюминия (530)	Трубчатые печи	1500	не применяется	200	600
Муллит 610	Оксид алюминия (610)	Трубчатые печи	1450	1450	100	<300
Алсинт 799	Оксид алюминия (799)	Трубчатые печи	1800	1450	100	<300
Кварц	Кварц	Трубчатые печи, печи GLO только по запросу	1050	1050	рекомендуемый	максимальная достижимая
Фехраль (CrFeAl)	Фехраль (CrFeAl)	Трубчатые печи, печи GLO	1250	1200	180	максимальная достижимая
Инконель 600 (NiCr)	Инконель (NiCr)	Трубчатые печи, печи GLO	1100	750	рекомендуемый	максимальная достижимая
1.4841	Жаростойкая сталь	Трубчатые печи, печи GLO	1100	600	рекомендуемый	максимальная достижимая

Данные печи могут оснащаться различными рабочими трубками. Описание дополнительного оборудования для рабочих трубок см. в разделе "Опции".

Алфавитный указатель

Модель	Описание	Стр.
A		
AZ	Трубчатые печи с восемью зонами нагрева и максимальной рабочей температурой 1300°C	24
B		
BV-HTRV	Печи для выращивания кристаллов методом Бриджмена с максимальной рабочей температурой 1800°C	56
E		
EBO	Печи для удаления связующих веществ с максимальной рабочей температурой 120°C	14
F		
F	Трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1350°C	22
F-A	Раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1300°C	23
G		
GLO	Печи для отжига с максимальной рабочей температурой 1100°C	16
B		
NB	Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 1800°C	46
NBO	Колпаковые печи с максимальной рабочей температурой 2200°C	42

Модель	Описание	Стр.
HTBL	Печи с нижней загрузкой с максимальной рабочей температурой 2200°C	48
HTK	Камерные печи с максимальной рабочей температурой 2200°C	34
HTKE	Камерные печи с максимальной рабочей температурой 1800°C	40
HTRH	Горизонтальные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800°C	28
HTRH-H₂	Водородные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1600°C	32
HTRV	Вертикальные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1800°C	30
HTRV-A	Вертикальные раскладные трубчатые печи с максимальной рабочей температурой 1700°C	31
L		
LHT	Лабораторные печи с максимальной рабочей температурой 3000°C	52
P		
PDS	Печи для спекания при пониженном давлении с максимальной рабочей температурой 1450°C	58
V		
VL	Трубчатые печи для пайки с максимальной рабочей температурой 1050°C	20



CARBOLITE®
IGERO 30-3000°C

CARBOLITE IGERO 30-3000°C

Термообработка от 30 до 3000 °C

CARBOLITE®
IGERO 30-3000°C



Вердер Сайнтифик
190020, Россия
г. Санкт-Петербург,
ул. Бумажная, д. 17

Тел.: (812) 777-11-07
Факс: (812) 325-60-73
E-mail: info@verder-scientific.ru
Internet: www.carbolite-gero.com

part of **VERDER**
scientific

Подлежит техническим изменениям. Возможны ошибки. | 06/RU-2015