

FIBROTHAL®

**Нагревательные и
изоляционные системы
Руководство**



KANTHAL



Kanthal – главный офис и основные производственные мощности в г. Халлстахаммар, Швеция

Kanthal – всемирно известное имя в сфере электрического нагрева

Начиная с 30-х годов, Kanthal был и остается ведущим производителем продукции и материалов из сплавов электрического сопротивления.

Научные разработки Kanthal всегда были направлены на постоянное улучшение свойств материалов для использования их при высоких температурах.

Несмотря на то, что основное производство продукции и департамент развития находятся в г. Халлстахаммар, Швеция, производство некоторых видов продукции, а также офисы продаж, находятся по всему миру как можно ближе к потребителю. Вы всегда можете получить необходимую и исчерпывающую информацию в официальном представительстве нашей компании в Вашей стране

Каталог 8-A-1-9 10-08 500

© Kanthal AB

Авторские права принадлежат компании Kanthal AB

Примечание: Информация, содержащаяся в данном документе, является только пояснительной. Перечень примеров являются только основными рекомендациями и не являются гарантией на продукцию работающую при индивидуальных/специфических условиях. Покупатель продукции Kanthal обязан проверить применимость продукции Kanthal для специфического применения, перед тем как использовать.

® KANTHAL, NIKROTHAL и FIBROTHAL – зарегистрированные торговые марки компании Kanthal AB.

Kanthal – компания входящая в группу Sandvik

Sandvik – высокотехнологичная группа компаний насчитывающая 47000 сотрудников с годовыми продажами примерно в 86 миллиарда Шведских крон. Sandvik вкладывает примерно 4 % от оборота в исследования и развитие. Kanthal, как компания входящая в группу Sandvik имеет полный доступ к мировым ресурсам и технологическим процессам, включая широко известный научно-исследовательский центр в Швеции компании Sandvik, который является одним из выдающихся во всем мире. Офисы продаж компании Kanthal представлены в 130 странах.

Содержание

Введение	4
Краткое описание нагревательных и изоляционных систем FIBROTHAL	5
Общие технические данные	6
КВ-модули	6
Допустимые отклонения	7
Атмосферы	8
Ограничения по мощности	9
Технические данные, стандартная номенклатура	11
Нагревательные модули	11
Панели	13
Полуцилиндры	16
Трубы	18
Изоляционные модули	20
Специальные модули	21
Модули со встроенным нагревательным элементом	21
Система ROV в панелях и оболочках	22
Системы Meanderthal II и III	23
Специальные трубчатые модули	24
Муфели	25
Изоляционные модули	26
Аксессуары	27
Гибкие контактные соединительные проводники с шайбовой изоляцией	27
Керамические трубы с фланцем	30
Керамические изоляторы и пробки	30
Монтаж	32
Установка модулей FIBROTHAL	32
Изоляция стыков	34
Приваривание нагревательного элемента	34
Полный обзор нагревательных систем	36
Изменение электрического напряжения и мощности в стандартных модулях	38
Пример расчета	38

A vertical decorative bar on the left side of the page, featuring a gradient from orange at the top to dark red at the bottom. It contains several circular cutouts of varying sizes, each showing a different stage or component of ceramic fiber technology. The cutouts include a large one at the top showing a fiber mat, several smaller ones in the middle showing individual fibers or small mats, and a large one at the bottom showing a glowing yellow fiber mat.

Введение

Применение легковесных конструкций с использованием керамических волокон (КВ) при температурах до 1550°C стало нормой во многих промышленных печах.

Низкая термическая масса и теплопроводность печной футеровки из керамического волокна позволяет возводить промышленные печи, которые способствуют значительному сбережению энергии и характеризуются повышенной производительностью и лучшей работоспособностью, в зависимости от вида и режима протекающего в них процесса.

Однако применение в электрической печи комбинаций керамических волокон, например, матов или отдельных блоков с электрическими нагревательными элементами - мероприятие дорогостоящее и отнимающее много времени. Этот факт привел к идее создания продукта, который был представлен на рынке в 1978 году под названием FIBROTHAL.

Сегодня название FIBROTHAL объединяет ряд продуктов, состоящих из волокнистых керамических компонентов, произведенных методом вакуумного формования, со встроенными электрическими нагревательными элементами или без них.

На сегодняшний день под торговой маркой FIBROTHAL производятся:



Рис. 1 Нагревательные модули со встроенными нагревательными элементами, произведенными из сплавов KANTHAL® для максимальной температуры на элементе 1150°C

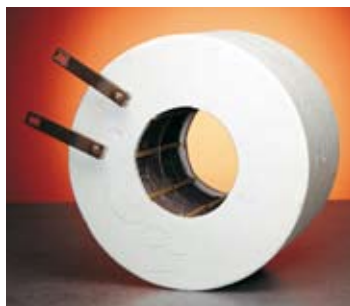


Рис. 2 RAC-трубы со встроенным, фактически, свободно-излучающим нагревательным элементом для максимальной температуры на элементе 1300°C



Рис. 3 Meanderthal II - модули со свободно-излучающими нагревательными элементами для максимальной температуры на элементе 1300°C, в основном для свода и поворотных печей

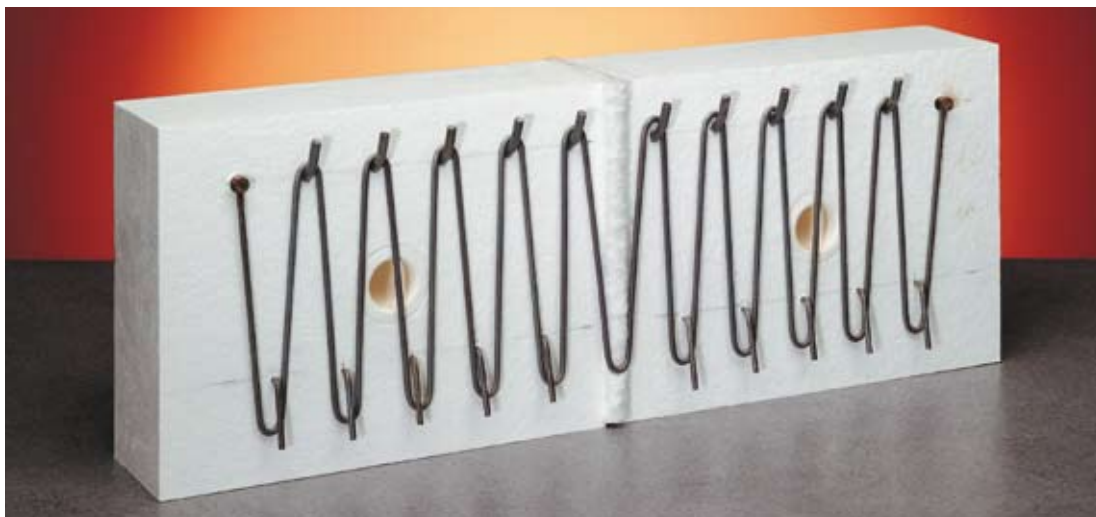


Рис. 4 Система ROB со свободно-излучающими нагревательными элементами для максимальной температуры на элементе 1300°C, в основном для стен и пода



Рис. 5 Муфели со встроенными нагревательными элементами, произведенными из сплавов KANTHAL для максимальной температуры на элементе 1150°C



Рис. 6 Изоляционные блоки из волокна, произведенного методом вакуумного формования, самых разнообразных форм, для температуры применения до 1550°C



Рис. 7 FibroSiC – не требующие опор изоляционные блоки для свода, укрепленные карбидкремниевыми трубками

Общие технические данные

КВ-Модули

Химические свойства: КВ-модули обладают высокой устойчивостью к воздействию химически агрессивных сред, в т. ч. большинства кислот, за исключением фтористой и фосфорной, а также сильных оснований. Контакт с водой или маслом не влияет на свойства самих керамических волокон.

После высушивания или выпаривания из них влаги термические и физические свойства волокон восстанавливаются. Однако необходимо соблюдать осторожность при их контакте с нагревательными элементами, которые подвержены коррозии.

	F-3/LS	F-17/LS	F-19	F-14	F-Био
Макс. классифицируемая температура [°C]*	1260	1400	1500	1600	1300
Максимальная температура работы в непрерывном режиме [°C]	1150	1300	1400	1550	1200 (в чистом воздухе)**
Удельный вес [кг/м³] приблизит	200	200	200	250	180–200
Линейная усадка [%] (24 ч при максимальной температуре непрерывного режима)	3/<1	4,5/<2	4,5	3,5	<2
Состав [%]:					
Al ₂ O ₃	46	50	67	77	–
SiO ₂	54	50	33	23	70–80
CaO + MgO	–	–	–	–	18–20
добавки	–	–	–	–	<3
Теплопроводность [В/мК]***					
при 200°C	0,07	0,07	0,07	–	0,08
при 400°C	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10
при 600°C	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14
при 800°C	0,21	0,21	0,20	0,19	0,21
при 1000°C	0,28	0,29	0,28	0,24	0,28
при 1200°C	–	0,41	0,39	0,35	–
при 1300°C	–	0,49	0,46	0,39	–
при 1400°C	–	–	0,54	0,46	–
при 1500°C	–	–	–	0,54	–
при 1600°C	–	–	–	–	–

* Классификационная температура используемых волокон

** Максимальная рабочая температура печи 1000°C в водородосодержащей атмосфере

*** Метод определения F3, F17, F19, F14: калориметр

Информацию касательно модулей без минерального волокна можно получить в брошюре MODUTHAL

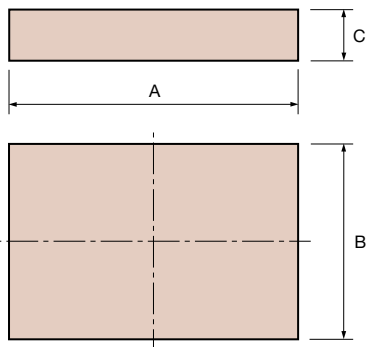
Информация по биоразрушаемому волокну F-Био доступна по запросу

Таб. 1 Технические данные модулей из керамического волокна

Допустимые отклонения

Размеры модулей

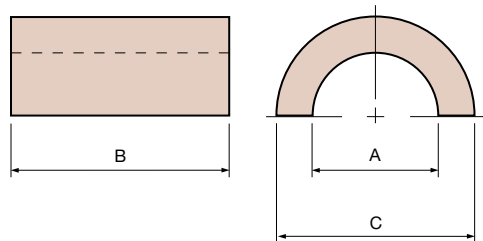
Для изоляционных модулей, изготовленных методом вакуумного формования, со встроенными нагревательными элементами или без них, применяются следующие допустимые отклонения



А и В		С, с обработкой	
		на одной поверхности	на двух поверхностях
≤ 700	± 3	± 5	± 3
> 700	± 5	± 5/-10	± 3

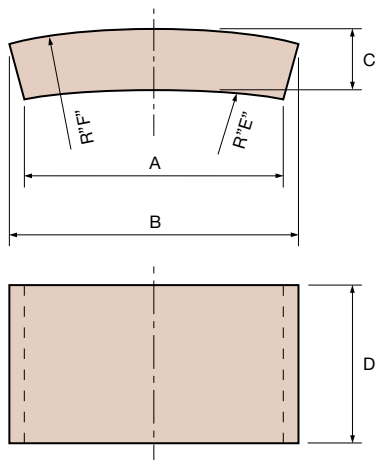
Рис. 8 Панели FIBROTHAL

Электрическое сопротивление: $R_k \pm 5\%$



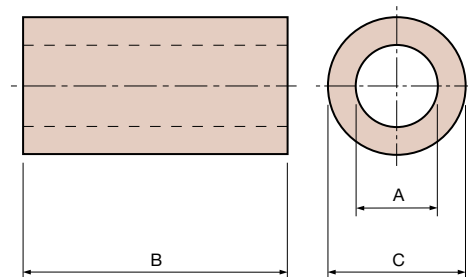
А	В	С	
≤ 200	+ 4	≤ 350	± 5
> 200/≤ 350	+ 6	> 350	± 10
> 350	+ 10		

Рис. 9 Полуцилиндры FIBROTHAL



А, В и D		С	R "E"	R "F"
≤ 700	± 3	± 5	± 5	± 5
> 700	± 5		+ 10	± 10

Рис. 10 Сегменты FIBROTHAL



А	В	С
+ 8/- 2	+ 10/- 5	± 10

Рис. 11 Трубы FIBROTHAL

Атмосферы

Атмосфера в печи	Макс. температура на элементе		Примечания
	Нагревательные элементы KANTHAL	Нагревательные элементы FIBROTHAL	
H ₂	1400°C	1000°C	Присутствие H ₂ повышает теплопроводность материала FIBROTHAL в 3–4 раза.
N ₂	1200°C преоксидированный	1150°C преоксидированный	Модули FIBROTHAL без нагревательных элементов могут работать в N ₂ -среде при максимальной рабочей температуре.
Эндогаз	1050°C преоксидированный	1050°C преоксидированный	Из-за возможности отложения углерода рекомендуется использование газонепроницаемого муфеля.
Экзогаз	1150°C преоксидированный	1050°C преоксидированный	Из-за возможности отложения углерода рекомендуется использование газонепроницаемого муфеля.
Сера	Ок. 1000°C	—	Материал FIBROTHAL не противостоит воздействию оксида серы.
Хлор, фтор, щелочь	Разрушает любые устойчивые сплавы	Разрушает любые устойчивые сплавы	В хлорной, фтористой и щелочной средах модули FIBROTHAL без нагревательных элементов могут работать при температуре до 900°C.
Вакуум < 10 ⁻³ гПа	1150°C преоксидированный	800–850°C	Откачивание воздуха из волокнистого блока до давления 10 ⁻³ бар и ниже занимает много времени, поэтому для создания разряженной атмосферой в печи рекомендуется применять вакуум-плотный муфель.
Под давлением	1400°C	1250°C	Под давлением модули FIBROTHAL могут быть применены только в газо- и воздухонепроницаемых печах.
Окалина	См. примечания	См. примечания	Образование окалины вследствие окисления жаростойких элементов печи обычно допустимо, но оксид железа разрушает материал KANTHAL, поэтому его необходимо защитить от осаджений.
Пары	См. примечания	См. примечания	Пары в печи не должны образовывать конденсаты солей или оксидов, в противном случае это приведет к образованию электрического контакта.
Газовые потоки	См. примечания	См. примечания	Материал FIBROTHAL выдерживает газовые потоки со скоростью 50 м/сек. Однако необходимо обращать внимание на соединительные стыки между блоками из керамического волокна.

При заинтересованности использования F-Био свяжитесь с нашим офисом продаж

Таб. 2 Максимально допустимые температуры нагрева элементов в различных печных атмосферах

Ограничения по мощности

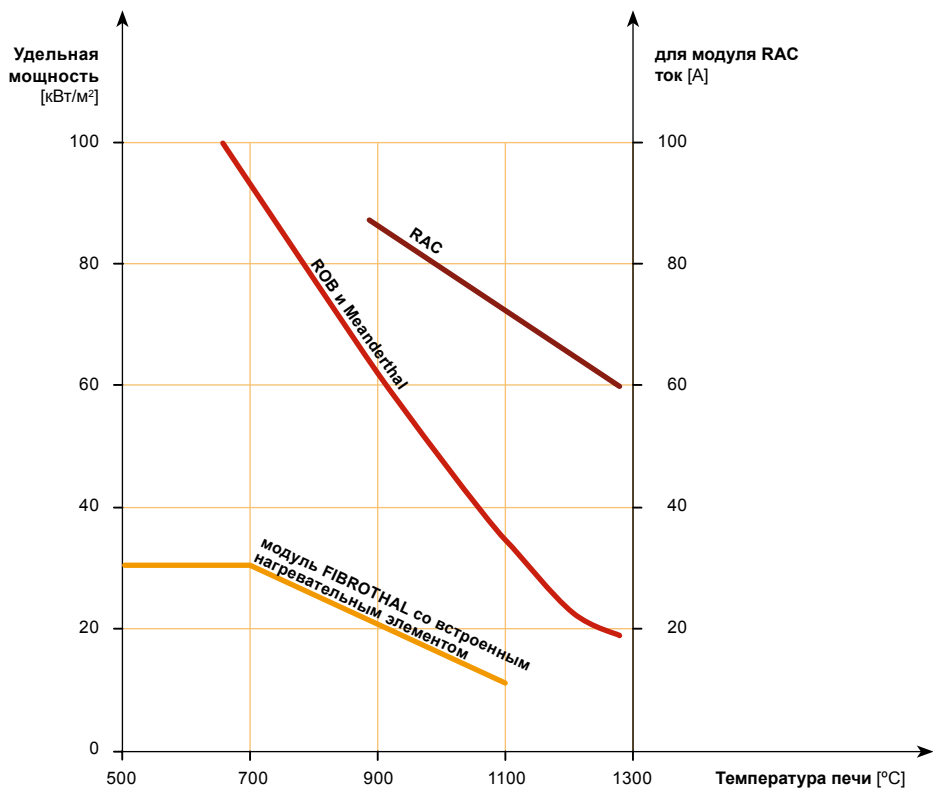


Рис. 12 Представленные графики отображают рекомендованные максимальные нагрузки для разных нагревательных модулей в зависимости от температуры печи

Эмпирическое правило:

Для подачи напряжения 230 В при использовании свободно излучающего нагревательного элемента (ROB, Meanderthal) необходимо наличие 1 м² площади.

Для подачи напряжения 230 В при использовании встроенного нагревательного элемента (FIBROTHAL) необходимо наличие 0,25 м² площади.



Технические данные – Стандартная номенклатура

Нагревательные модули

Стандартные нагревательные модули FIBROTHAL со встроенными нагревательными элементами производятся по двум принципам, описанным ниже.

Принцип I

В соответствии с данным методом нагревательная проволока KANTHALA-1 (диаметр <math>< 3,5 \text{ mm}</math>) встроена в модуль из керамического волокна F3. Максимальная температура на элементе составляет 1150°C .

Разработка защищена патентом.

Для оптимального теплового излучения:

- Спираль нагревательной проволоки имеет овальное поперечное сечение
- Поверхность нагревательной проволоки частично открыта
- Внутри нагревательная проволока в значительной степени освобождена от керамических волокон

В соответствии с этим принципом производятся панели и полуцилиндры

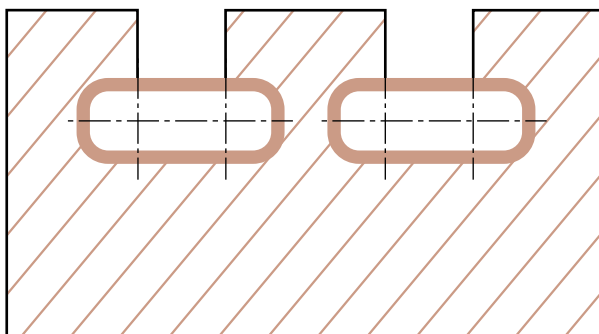


Рис. 13 Принцип встроенного нагревательного элемента

Принцип II

Этот метод, применяемый исключительно для нагревательных труб, заключается в формовании нагревательной проволоки KANTHAL A-1 /APM (диаметр 5 мм) для заполнения ей модулей из керамических волокон F17 с керамическими разделителями. В этом случае нагревательный элемент лежит на поверхности изоляции и фактически является свободно-излучающим. Максимальная температура на элементе составляет 1300°C (1350°C для APM).

Для производства стандартных модулей в наличии имеется целый ряд матриц, поэтому нет необходимости в дополнительных затратах на изготовление пресс-формы.

В новом издании этого проспекта значения величин электрического напряжения переведены в Евровольты (400/230 В). Модули могут использоваться и на ранее применявшихся напряжениях (380/220 В или 415/240 В).

В случае необходимости задействовать малую мощность модули способны работать при низком напряжении. Работа на большой мощности также возможна в пределах ограничений максимально допустимых ваттных нагрузок на поверхность стенки печи (см. рис. 12).

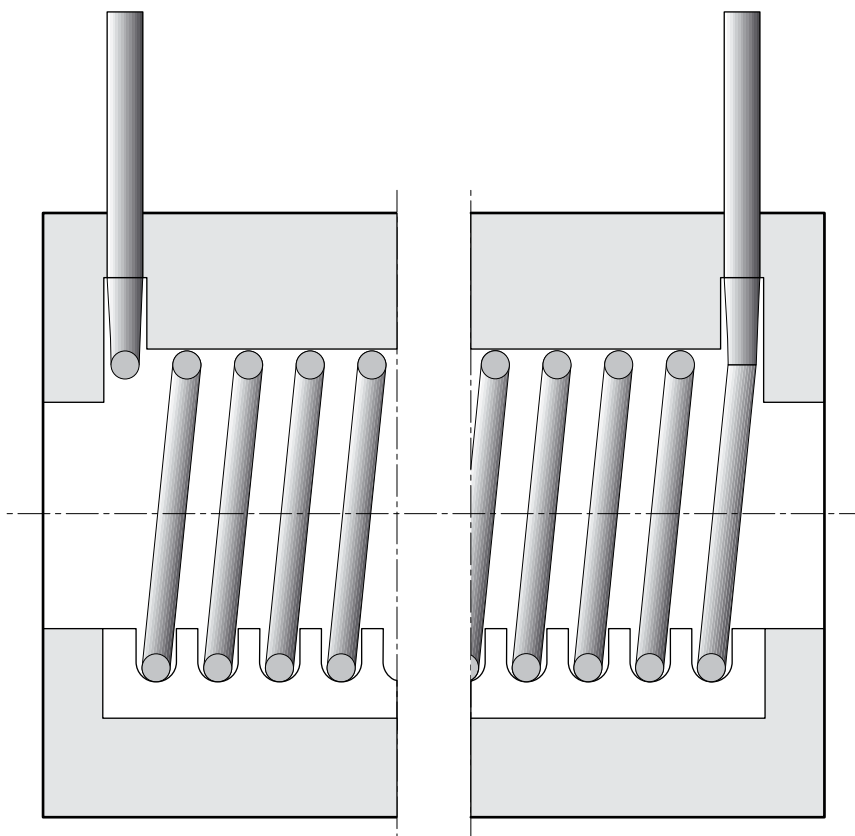


Рис. 14 Принцип формования РАС

Панели

Нагревательная поверхность – это поверхность, оснащенная нагревательным элементом. Размеры стандартной панели складываются из размеров нагреваемой поверхности и минимально необходимой зоны без обогрева по краям. Панели могут быть произведены с максимальной длиной или шириной 1050 мм.

Не обогреваемые края могут быть любых размеров в пределах заданной максимальной длины или ширины панели. Стандартные модули также могут иметь дополнительные 125-миллиметровые не обогреваемые края по длине или ширине (тип SL; SB).

Для установки модулей на своде или на стенах печи разработана специальная конструкция с керамическими чашеобразными держателями. В качестве дополнительных подвесных анкеров, в особенности на сводах, рекомендуется использование штифтов из керамического цемента.

Стандартный подвод питания нагревателей осуществляется с помощью резьбовых стержней M8 × 75 мм на монтажной стороне модулей. В наличии также имеются другие системы подвода питания, в т.ч. гибкие проводники (см. Аксессуары).

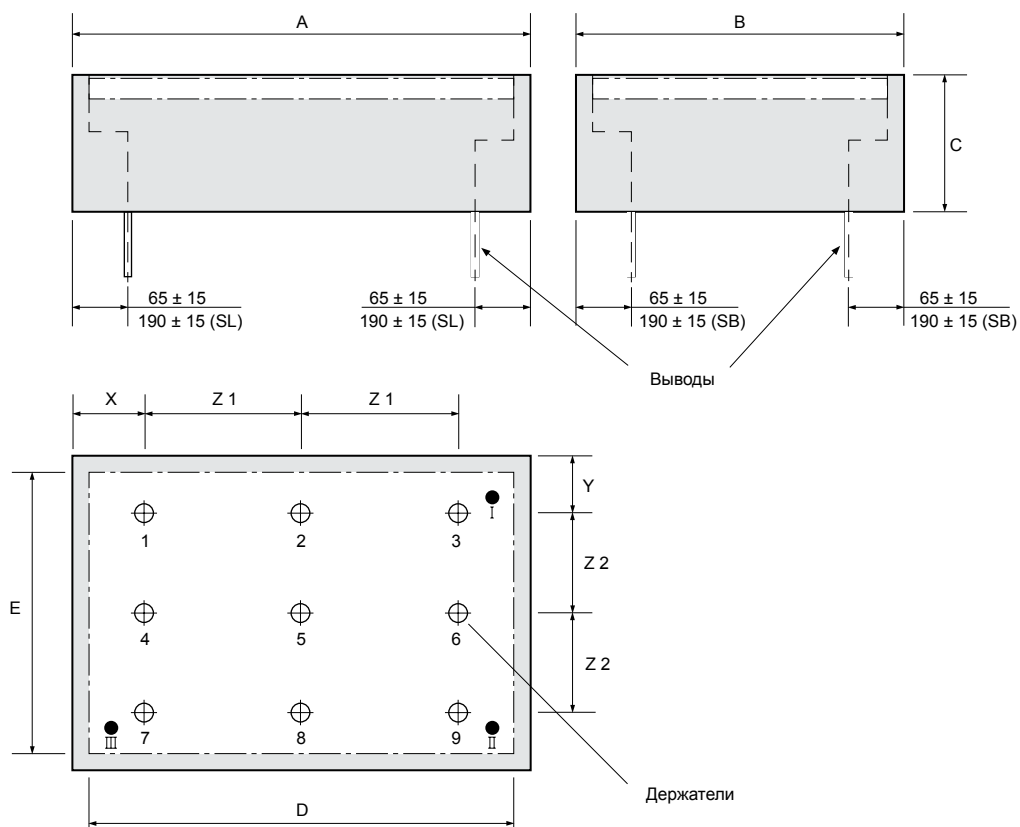


Рис. 15 Стандартные панели FIBROTHAL

Нагревательные панели FIBROTHAL

Обозначение	шифр	Стандартный размер А × В × С [мм]	Нагреваемая площадь D × E [мм]	Мощность [Вт]	Напряжение [В]	Сопротивление R20 [Ом]	Устройство выводов позиция	Сборка Шт/поз.	Размеры сетки		Приблизит. вес [кг]
									X/Z1 [мм]	Y/Z2 [мм]	
PAS 300/225/57.5	DF830004	300×225×125	270×195	1050	57,5	3,03	I–III	–	–	–	2,1
PAS 300/225/57.5 S/D	DF830007	300×225×125	270×195	1050	57,5	3,03	I–III	2/1-9	75/150	92/42	2,1
PAS 300/225/57.5 SL	DF830011	550×225×125	270×195	1050	57,5	3,03	I–III	–	–	–	3,5
PAS 300/225/57.5 SB	DF830012	300×475×125	270×195	1050	57,5	3,03	I–III	–	–	–	3,9
PAS 375/225/57.5	DF830016	375×225×125	335×195	1350	57,5	2,35	I–III	–	–	–	2,7
PAS 375/225/57.5 S/D	DF830019	375×225×125	335×195	1350	57,5	2,35	I–III	2/1-9	75/112	92/21	2,7
PAS 375/225/57.5 SL	DF830021	625×225×125	335×195	1350	57,5	2,35	I–III	–	–	–	4,1
PAS 375/225/57.5 SB	DF830022	375×475×125	335×195	1350	57,5	2,35	I–III	–	–	–	5
PAS 450/300/100	DF830026	450×300×125	410×250	2100	100	4,58	I–II	–	–	–	4,2
PAS 450/300/100 S/D	DF830029	450×300×125	410×250	2100	100	4,58	I–II	2/4-6	100/125	150/0	4,2
PAS 450/300/100 SL	DF830031	700×300×125	410×250	2100	100	4,58	I–II	–	–	–	6,1
PAS 450/300/100 SB	DF830032	450×550×125	410×250	2100	100	4,58	I–II	–	–	–	7
PAS 450/300/115	DF830036	450×300×125	410×250	2100	115	6,06	I–II	–	–	–	4,2
PAS 450/300/115 S/D	DF830039	450×300×125	410×250	2100	115	6,06	I–II	2/4-6	100/125	150/0	4,2
PAS 450/300/115 SL	DF830041	700×300×125	410×250	2100	115	6,06	I–II	–	–	–	6,1
PAS 450/300/115 SB	DF830042	450×550×125	410×250	2100	115	6,06	I–II	–	–	–	7
PAS 450/300/133	DF830046	450×300×125	410×250	2100	133	8,1	I–III	–	–	–	4,5
PAS 450/300/133 S/D	DF830049	450×300×125	410×250	2100	133	8,1	I–III	2/1-9	100/125	131/19	4,5
PAS 450/300/133 SL	DF830051	700×300×125	410×250	2100	133	8,1	I–III	–	–	–	5,9
PAS 450/300/133 SB	DF830052	450×550×125	410×250	2100	133	8,1	I–III	–	–	–	6,9
PAS 450/375/115	DF830056	450×375×125	410×325	2700	115	4,9	I–II	–	–	–	4,5
PAS 450/375/115 S/D	DF830059	450×375×125	410×325	2700	115	4,9	I–II	2/4-6	100/125	187/0	4,5
PAS 450/375/115 SL	DF830061	700×375×125	410×325	2700	115	4,9	I–II	–	–	–	7,7
PAS 450/375/115 SB	DF830062	450×625×125	410×325	2700	115	4,9	I–II	–	–	–	8,2
PAS 450/375/133	DF830066	450×375×125	410×325	2700	133	6,3	I–II	–	–	–	5,3
PAS 450/375/133 S/D	DF830069	450×375×125	410×325	2700	133	6,3	I–II	2/4-6	100/125	187/0	5,3
PAS 450/375/133 SL	DF830071	700×375×125	410×325	2700	133	6,3	I–II	–	–	–	7,7
PAS 450/375/133 SB	DF830072	450×625×125	410×325	2700	133	6,3	I–II	–	–	–	8

Таб. 3 Стандартные панели FIBROTHAL

Обозначение	шифр	Стандартный размер А × В × С [мм]	Нагреваемая площадь D × E [мм]	Мощность [Вт]	Напряжение [В]	Сопротивление R20 [Ом]	Устройство выводов позиция	Сборка Шт/поз.	Размеры сетки		Приблизит. вес [кг]
									X/Z1 [мм]	Y/Z2 [мм]	
PAS 600/450/200	DF830076	600×450×125	550×405	4200	200	9,16	I–II	–	–		8,7
PAS 600/450/200 S	DF830079	600×450×125	550×405	4200	200	9,16	I–II	2/4-6	150/150	225/0	8,7
PAS 600/450/200 D	DF830082	600×450×125	550×405	4200	200	9,16	I–II	4/1-3-7-9	150/150	100/125	8,7
PAS 600/450/200 SL	DF830083	850×450×125	550×405	4200	200	9,16	I–II	–	–		11,5
PAS 600/450/200 SB	DF830084	600×700×125	550×405	4200	200	9,16	I–II	–	–		12,5
PAS 600/450/230	DF830088	600×450×125	550×405	4200	230	12,11	I–II	–	–		8,6
PAS 600/450/230 S	DF830091	600×450×125	550×405	4200	230	12,11	I–II	2/4-6	150/150	225/0	8,6
PAS 600/450/230 D	DF830094	600×450×125	550×405	4200	230	12,11	I–II	4/1-3-7-9	150/150	100/125	8,6
PAS 600/450/230 SL	DF830095	850×450×125	550×405	4200	230	12,11	I–II	–	–		11,4
PAS 600/450/230 SB	DF830096	600×700×125	550×405	4200	230	12,11	I–II	–	–		12,3
PAS 750/450/200	DF830100	750×450×125	700×405	5400	200	7,12	I–III	–	–		11,1
PAS 750/450/200 S	DF830103	750×450×125	700×405	5400	200	7,12	I–III	2/4-6	143/232	225/0	11,1
PAS 750/450/200 D	DF830106	750×450×125	700×405	5400	200	7,12	I–III	6/1-2-3-7-8-9	–		11,1
PAS 750/450/200 SL	DF830107	1000×450×125	700×405	5400	200	7,12	I–III	–	–		14
PAS 750/450/200 SB	DF830108	750×700×125	700×405	5400	200	7,12	I–III	–	–		15,8
PAS 750/450/230	DF830112	750×450×125	700×405	5400	230	9,42	I–III	–	–		15,4
PAS 750/450/230 S	DF830115	750×450×125	700×405	5400	230	9,42	I–III	2/4-6	143/232	225/0	15,4
PAS 750/450/230 D	DF830118	750×450×125	700×405	5400	230	9,42	II–III	6/1-2-3-7-8-9	100/126	100/125	15,4
PAS 750/450/230 SL	DF830119	1000×450×125	700×405	5400	230	9,42	I–III	–	–		13,5
PAS 750/450/230 SB	DF830120	750×700×125	700×405	5400	230	9,42	I–III	–	–		15,4
PAS 900/600/400	DF830124	900×600×125	825×540	8400	400	18,32	II–III	–	–		17,4
PAS 900/600/400 S	DF830127	900×600×125	825×540	8400	400	18,32	II–III	2/4-6	198/252	300/0	17,5
PAS 900/600/400 D	DF830130	900×600×125	825×540	8400	400	18,32	II–III	6/1-2-3-7-8-9	156/147	150/150	17,4
PAS 900/600/400 SL	DF830472	1150×600×125	825×540	8400	400	18,32	II–III	1-3-7-9	75/500	150/300	23
PAS 900/600/400 SB	DF830131	900×850×125	825×540	8400	400	18,32	II–III	–	–		23
PAS 900/750/400	DF830135	900×750×125	825×680	10800	400	14,25	II–III	–	–		22,3
PAS 900/750/400 S	DF830138	900×750×125	825×680	10800	400	14,25	II–III	2/4-6	198/252	375/0	22,3
PAS 900/750/400 S	DF830141	900×750×125	825×680	10800	400	14,25	II–III	9/1...9	156/147	100/138	22,3
PAS 900/750/400 S	DF830142	900×1000×125	825×680	10800	400	14,25	II–III	–	–		27,9

Таб. 3 Стандартные панели FIBROTHAL

Полуцилиндры

Для горизонтальной установки монтажная поверхность верхнего полуцилиндра должна быть снабжена системой штифтов (см. нагревательные панели).

Конструкция предусматривает стандартный способ подвода питания нагревателей, с помощью резьбовых стержней $M8 \times 75$ мм на монтажной стороне модулей. Также при необходимости предоставляются и другие системы подвода питания, в т.ч. гибкие проводники (см. Аксессуары).

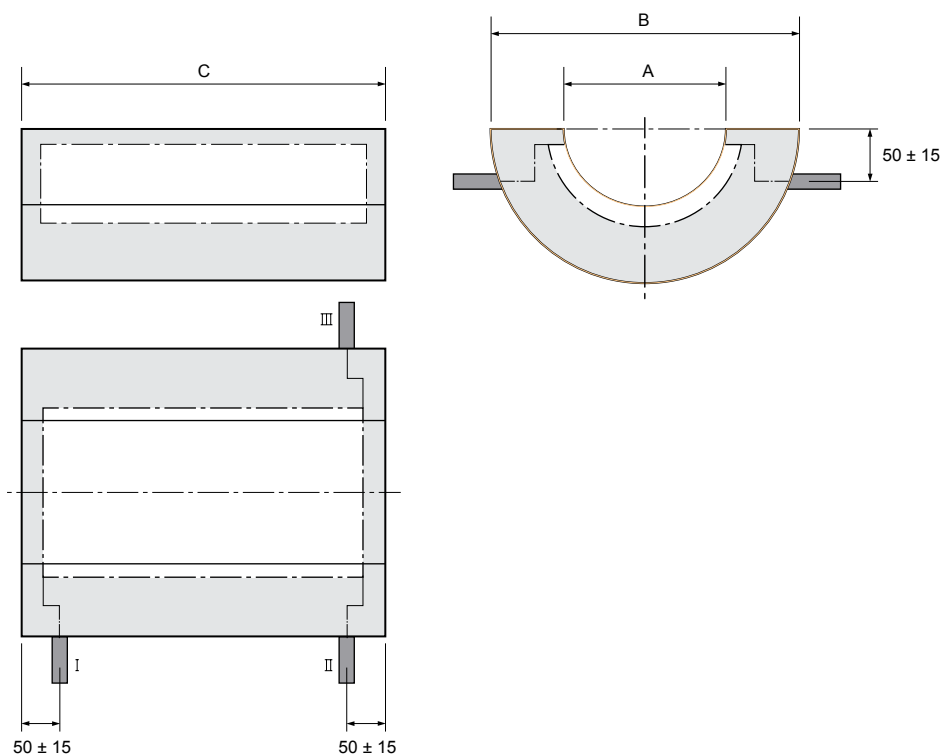


Рис. 16 Стандартные полуцилиндры FIBROTHAL

Полуцилиндры FIBROTHAL

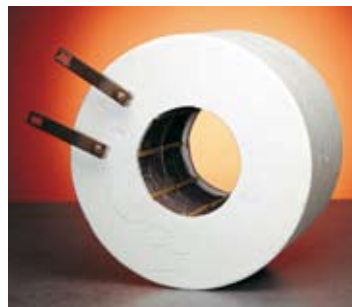
Обозначение	Шифр	Ø внутр А [мм]	Ø внеш. В [мм]	Длина С [мм]	Мощность [Вт]	Напряжение [В]	Сопротивление R20 [Ом]	Устройство выводов позиция	Приблизит. вес [кг]
HAS 70/250/57.5	DF830256	70	220	250	450	57,5	7,06	I-III	1
HAS 70/500/115	DF830260	70	220	500	900	115	14,13	I-II	1,9
HAS 100/250/57.5	DF830264	100	250	250	650	57,5	4,89	I-II	1,2
HAS 100/300/57.5	DF830268	100	250	300	750	57,5	4,24	I-III	1,5
HAS 100/500/115	DF830272	100	250	500	1300	115	9,78	I-II	2,4
HAS 100/600/115	DF830276	100	250	600	1500	115	8,48	I-III	3
HAS 150/250/57.5	DF830280	150	300	250	950	57,5	3,35	I-II	1,7
HAS 150/300/57.5	DF830284	150	300	300	1150	57,5	2,76	I-II	2
HAS 150/500/115	DF830288	150	300	500	1900	115	6,69	I-II	3,4
HAS 150/600/115	DF830292	150	300	600	2300	115	5,53	I-III	4,1
HAS 200/250/57.5	DF830296	200	350	250	1250	57,5	2,54	I-III	2,2
HAS 200/300/57.5	DF830300	200	350	300	1500	57,5	2,12	I-II	2,7
HAS 200/500/115	DF830304	200	350	500	2500	115	5,09	I-III	4,5
HAS 200/600/115	DF830308	200	350	600	3000	115	4,24	I-III	5,3
HAS 250/375/115	DF830312	250	450	375	2350	115	5,41	I-II	5,3
HAS 250/400/115	DF830316	250	450	400	2500	115	5,09	I-II	5,3
HAS 250/750/200	DF830320	250	450	750	4700	200	8,18	I-III	10,7
HAS 250/750/230	DF830324	250	450	750	4700	230	10,82	I-III	10,4
HAS 250/800/230	DF830328	250	450	800	5000	230	10,17	I-II	11
HAS 300/375/115	DF830332	300	500	375	2800	115	4,54	I-II	6,1
HAS 300/400/115	DF830336	300	500	400	3000	115	4,24	I-II	6,5
HAS 300/750/230	DF830340	300	500	750	5600	230	9,08	I-III	13
HAS 300/800/230	DF830344	300	500	800	6000	230	8,48	I-II	12,9
HAS 350/500/200	DF830348	350	600	500	4400	200	8,74	I-III	11,5
HAS 350/500/230	DF830352	350	600	500	4400	230	11,56	I-III	11,5
HAS 350/600/230	DF830356	350	600	600	5300	230	9,6	I-III	13,5
HAS 350/750/230	DF830360	350	600	750	6600	230	7,71	I-III	17
HAS 350/800/230	DF830364	350	600	800	7000	230	7,27	I-III	17,7
HAS 400/500/200	DF830368	400	650	500	5000	200	7,69	I-III	13
HAS 400/500/230	DF830372	400	650	500	5000	230	10,17	I-III	13
HAS 400/600/200	DF830376	400	650	600	6000	200	6,41	I-II	14,8
HAS 400/600/230	DF830380	400	650	600	6000	230	8,48	I-III	15,2
HAS 400/750/400	DF830384	400	650	750	7500	400	20,51	I-II	18,5
HAS 400/900/400	DF830388	400	650	900	9000	400	17,09	I-III	21,7
HAS 450/600/400	DF830392	450	700	600	6800	400	22,62	I-III	15,8
HAS 450/900/400	DF830396	450	700	900	10200	400	15,08	I-II	26,1
HAS 500/600/400	DF830400	500	750	600	7500	400	20,51	I-II	17,1
HAS 500/900/400	DF830404	500	750	900	11300	400	13,61	I-II	27,3

Таб. 4 Стандартные полуцилиндры FIBROTHAL

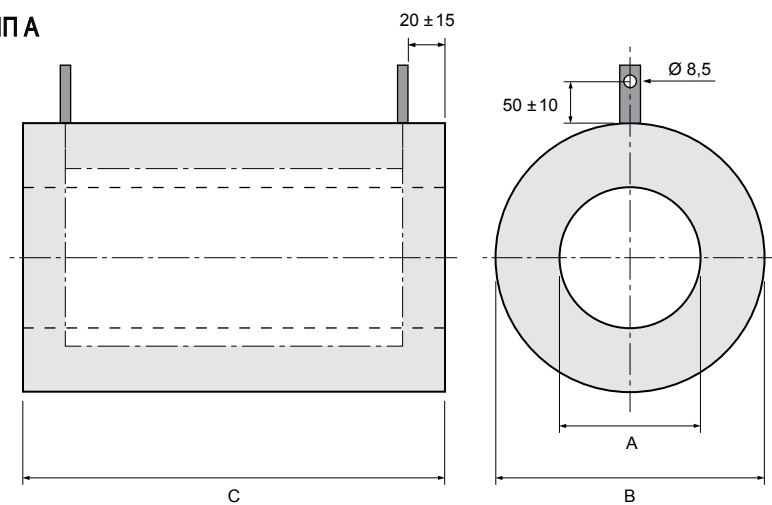
Трубы

Возможны два способа подведения питания нагревателей (полоса 20×3): радиальный (А) и внешний (В).

Из-за больших токов подвод питания с помощью гибкой проволоки невозможен.



ТИП А



ТИП В

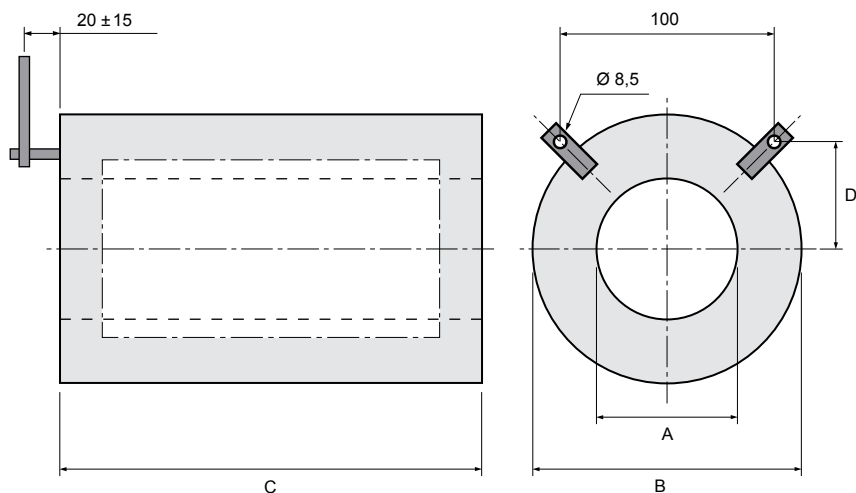


Рис. 17 Стандартные трубы FIBROTHAL

Трубы FIBROTHAL

Обозначение	Тип А Шифр	Тип В Шифр	Диаметр		Длина	Устройство выводов	Напряжение [В] Мощность [Вт] при 60 А	Напряжение [В] Мощность [Вт] при 72 А	Напряжение [В] Мощность [Вт] при 85 А	Сопротивление R20 [Ом]	Вес [кг]
			внутр. А [мм]	внеш. В [мм]							
RAC 40/200	DF830147	DF830153	40	160	220	105	15,8 950	19 1369	22,5 1909	0,253	1,6
RAC 40/500	DF830158	DF830164	40	160	520	105	40 2398	48 3455	56,7 4818	0,639	3,8
RAC 70/200	DF830169	DF830175	70	240	220	135	25 1500	30 2161	35,5 3014	0,4	2,9
RAC 70/500	DF830180	DF830186	70	240	520	135	63,1 3786	75,8 5454	89,5 7608	1,008	6,9
RAC 100/200	DF830191	DF830197	100	270	220	150	34,1 2049	41 2952	48,4 4117	0,546	3,6
RAC 100/500	DF830202	DF830208	100	270	520	150	86,2 5170	103,5 7450	122,2 10391	1,377	8,5
RAC 150/200	DF830213	DF830219	150	350	220	215	49,4 2963	59,3 4269	70,1 5955	0,789	5,1
RAC 150/500	DF830224	DF830230	150	350	520	215	127 7620	152,5 10979	180,2 15314	2,03	12,5
RAC 200/200	DF830235	DF830241	200	450	220	240	64,6 3878	77,6 5587	91,7 7793	1,033	7,7
RAC 200/500	DF830246	DF830252	200	450	520	240	163,1 9787	195,8 14101	231,4 19669	2,607	18,7

Таб. 5 Стандартные трубы FIBROTHAL

Изоляционные модули

Изоляционные модули FIBROTHAL представлены таких же стандартных размеров, как и нагревательные модули. Стандартная номенклатура включает изоляционные, концевые модули, предназначенные для помещения на сторонах полуцилиндров и труб. При необходимости модули могут быть изготовлены в соответствии с размерами рабочих труб. Стандартная толщина модулей составляет 125 мм или 50 мм. На выбор также предлагаются модули других размеров.

Номенклатура концевых модулей FIBROTHAL

Внешний диаметр [мм]	Толщина [мм]	Вес [кг]
160	125/50	0,5
220	125/50	0,9
240	125/50	1,1
300	125/50	1,2
350	125/50	2,4
450	125/50	3,9
500	125/50	4,9
600	125/50	7,0
650	125/50	8,2
700	125/50	9,6
750	125/50	11,0

Таб. 6 Стандартные дополнительные модули FIBROTHAL

Специальные модули

Помимо стандартной номенклатуры вниманию заказчика предлагается широкий ассортимент различных специальных нагревательных систем. С их применением возможно создание печей любых размеров и конструкций. Существуют следующие системы:

- модули со встроенным нагревателем
- система ROB в панелях и оболочках
- системы с зигвыми нагревателями
- трубы
- муфели
- изолирующие модули

Для производства специальных модулей имеется целый ряд формовочных матриц. Однако в стоимость некоторых специальных разработок может быть включена стоимость формы.

Модули со встроенными нагревателями

Эти модули могут быть применены почти в любых печных конструкциях. Помимо панелей для печей с плоскими стенами в производстве имеется много различных модулей для цилиндрических поверхностей, на пример трубы диаметром до 500 мм и полуцилиндры диаметром до 650 мм. Для поверхностей с большими внутренними диаметрами (1/3, 1/4, 1/6 окружности и т.д.) применяются сегменты. Их дизайн аналогичен дизайну стандартных панелей или полуцилиндров. Максимальная температура на элементе также составляет 1150°C.

Преимущества системы встроенных нагревателей:

- Нагревательный элемент встроен непосредственно в модуль и не требует дополнительного крепежа
- Формы модулей, их размеры и электрические данные лежат в широких пределах
- Напряжение на зажимах модулей соответствует напряжению сети питания или ее фрагментов
- Модули легко заменяемы, в некоторых конструкциях даже во время работы печи
- Модули могут быть установлены в любой позиции

Система ROB в панелях и сегментах

Система ROB состоит из изоляционных модулей FIBROTHAL со встроенной системой креплений и нагревательных элементов из круглой проволоки, согнутой в форме зигов, каждый отрезок которой располагается под углом к последующему, образуя букву «V». В этой системе может быть применен как сплавы KANTHAL, так и NIKROTHAL®.

Основные преимущества системы ROB:

- Свободно излучающий нагревательный элемент с температурой на элементе до 1300°С
- Возможность замены нагревательного элемента
- Возможность применения нагревательных элементов большей длины, устанавливаемых сразу на несколько модулей требующих меньшего количества выводных устройств
- Возможность установки нагревателей с большим поперечным сечением, а значит продления срока службы нагревательного элемента
- Возможность задействовать большие мощности (см. рис. 12).

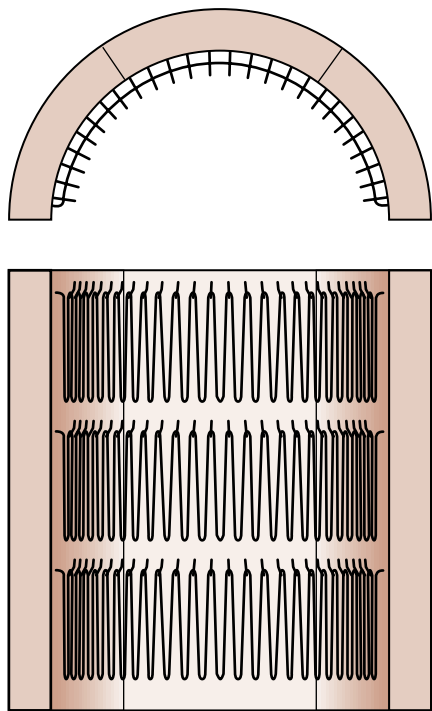


Рис. 18 Система ROB в панели

Система Meanderthal II

Подвески нагревательного элемента представляют собой металлические шпильки, закрепленные на модуле из керамического волокна.

Характерные преимущества:

- Возможность установки в любой позиции, в том числе в поворотных печах
- Изменяемый размер шага нагревательного элемента
- Возможность применения в круглых печах

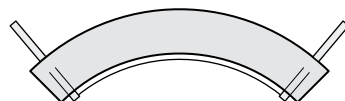
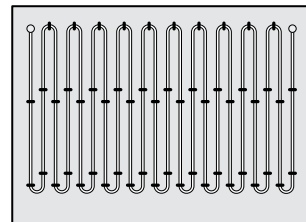
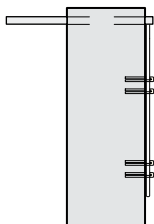
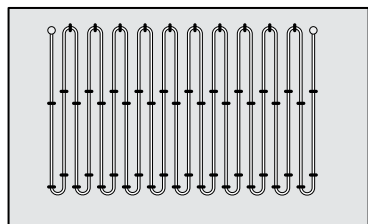


Рис. 19 Модули Meanderthal II

Система Meanderthal III

Подвески нагревательного элемента состоят из металлических стержней и металлических креплений, зафиксированных на модуле из керамического волокна.

Характерные преимущества:

- Возможность замены элементов
- Возможность поворота печи на 90°
- Возможность применения в круглых печах

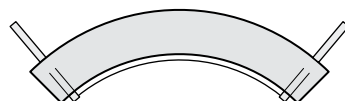
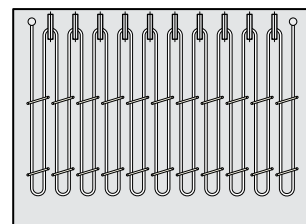
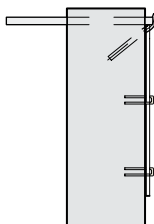
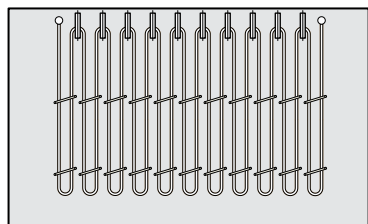


Рис. 20 Модули Meanderthal III

Специальные трубчатые модули (кассеты)

Дизайн этих модулей, обычно многозонных, аналогичен дизайну РАС-труб (см. Принцип II, рис. 14). Максимальный внутренний диаметр их составляет 400 мм; длина может достигать 2 000 мм. При необходимости эти нагревательные трубы могут быть поставлены в металлическом каркасе. По желанию для производства трубчатых модулей могут быть использованы сплавы KANTHAL A-1, AF или APM.

Преимущества трубчатых модулей:

- Равномерность распределения температуры
- Возможность выставления точных температурных профилей
- Возможность задействовать большие мощности (см. рис. 12)
- Возможность установки в любой позиции



Рис. 21 Нагревательная кассета (труба для диффузионного отжига)

Муфели

Модули в виде моноблоков из керамического волокна со встроенными нагревательными элементами применяются в лабораторных и небольших камерных печах. В них могут нагреваться до 4 поверхностей. Максимальная температура на элементе составляет 1150°C. В производстве также имеются дверные блоки.

Преимущества муфель:

- Сборка за короткое время
- Высокая скорость нагрева
- Равномерное распределение температуры внутри печи
- Быстрота и простота установки

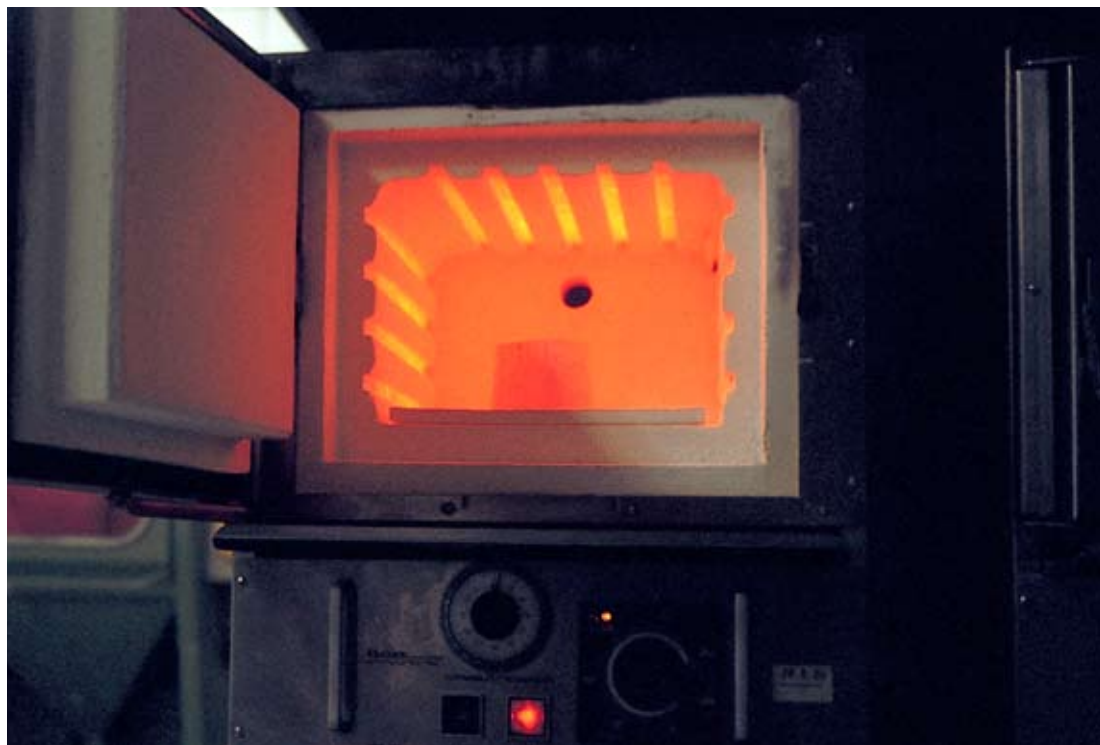


Рис. 22 Муфель FIBROTHAL в лабораторной печи

Изоляционные модули

Специальные изоляционные модули представлены тех же размеров, что и нагревательные модули, описанные в предыдущем разделе.

Система FibroSiC, модули для свода, не требующие опор

Постепенное развитие системы FIBROTHAL в частности с целью создания самостоятельной, легко-устанавливаемой изоляции для свода, привело к объединению в модулях керамического волокна и карбидокремниевых трубок. Разработка под названием FibroSiC может быть применена для пролетов шириной до 2200 мм при $T_f = 1200^\circ\text{C}$.

Преимущества модулей FibroSiC:

- Не нуждаются в опорах при ширине пролета до 2200 мм при $T_f = 1200^\circ\text{C}$
- Простота установки
- Экономичный дизайн, не требующий дополнительных опор

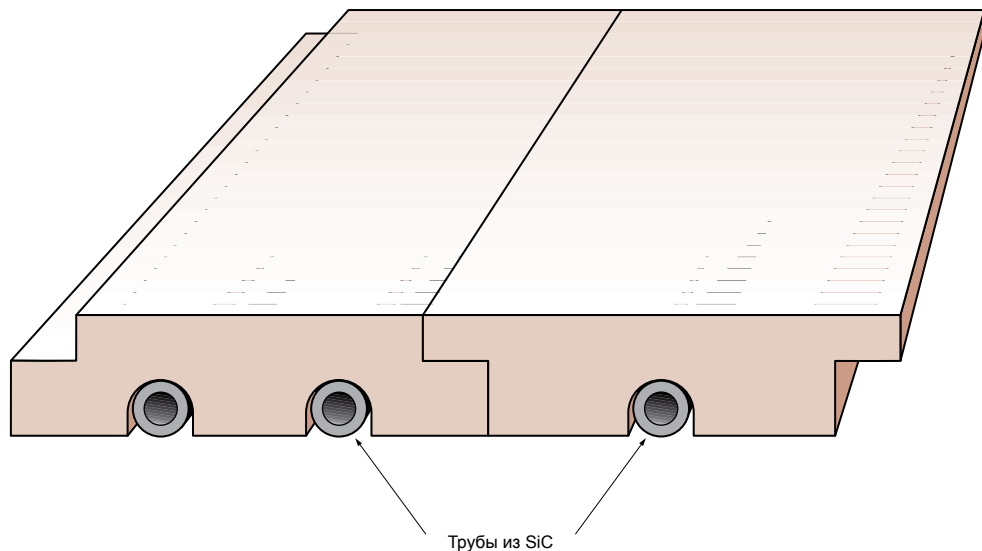


Рис. 23 Система FibroSiC

Аксессуары

Гибкие контактные соединительные проводники с шайбовой изоляцией

Применяется только для модулей со встроенным нагревателем!

Проводники произведены из материала NIKROTHAL 40 и являются скрученными. Выбор нужного поперечного сечения зависит от потребляемой мощности модуля FIBROTHAL. При выборе подходящего размера проводников могут быть

использованы приведенные ниже диаграммы. Однако следует помнить, что температура на выводах не должна превышать 200°C.

Также следует отметить, что температура проводников внутри изоляции, в частности сварного соединения с выводом, не должна превышать 800°C. Температура проводников зависит от свойственного ей нагрева благодаря прохождению тока (см. рис. 24 и 25) и температуры изоляции.

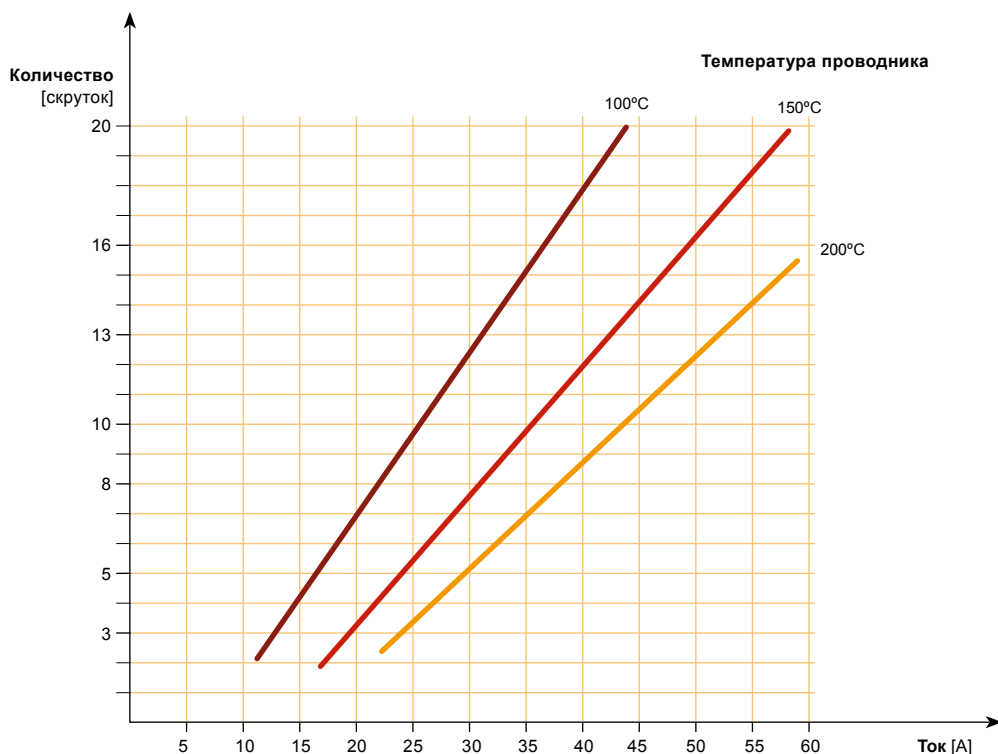


Рис. 24 Допустимые температуры изолированных проводников на воздухе

Внешний диаметр [мм]	Количество скруток					
	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	13,0
скрученного контактного проводника	3,5	4,5	5,0	6,5	7,0	8,5
Внешний диаметр изоляционных шайб	11,0	11,0	11,0	14,0	14,0	14,0

Таб. 7 Скрученный контактный проводник

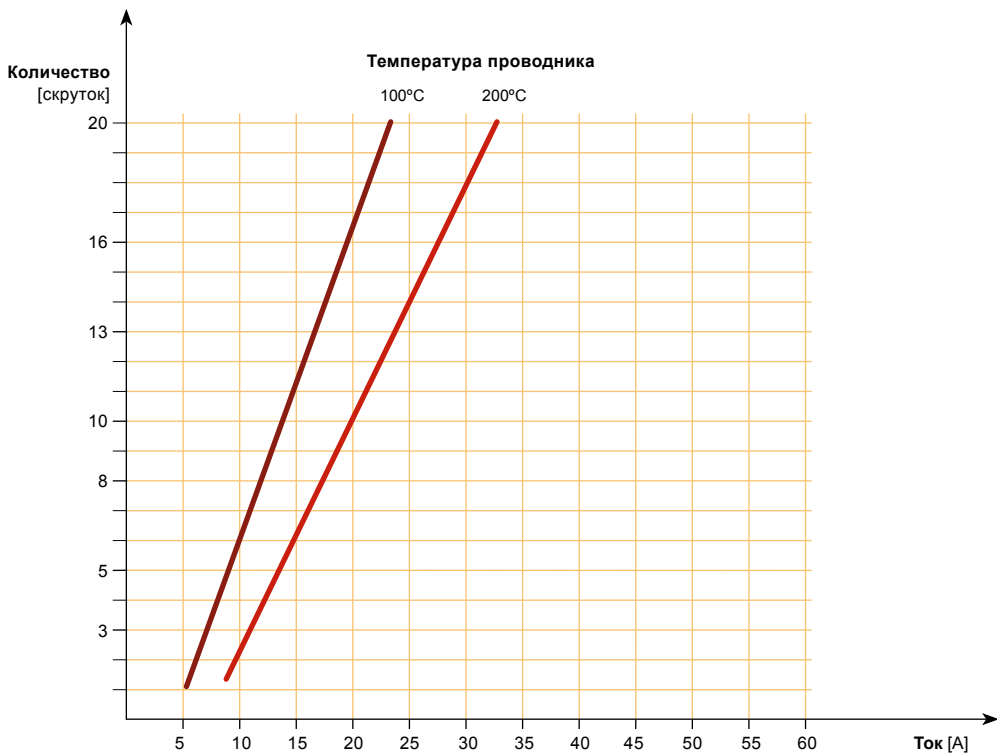


Рис. 25 Допустимые температуры изолированных проводников внутри FIBROTHAL

Изоляционные маты FIBROTHAL

для компенсации геометрических отклонений размеров модулей и печей, а также усадки, размеры: 1/4" × ширина 300 мм

Защитные трубы для термопар

диаметр 7/5 мм × желаемая длина, оба конца открыты

Клей FIBROTHAL

для соединения модулей FIBROTHAL между собой

Отвердитель FIBROTHAL

для упрочнения обработанных поверхностей

Цемент FIBROTHAL

для заделки поврежденных модулей FIBROTHAL

Ремонтный набор FIBROTHAL

включает: 2 кг специального цемента, 1 л. затвердителя, 1 кг Fibro порошка (для обмазки), 1 кг неформованного волокна (ваты), 2 м FIBROTHAL волокна марки F3, толщина 6 мм, ширина 300 мм

Монтаж крепления FIBROTHAL

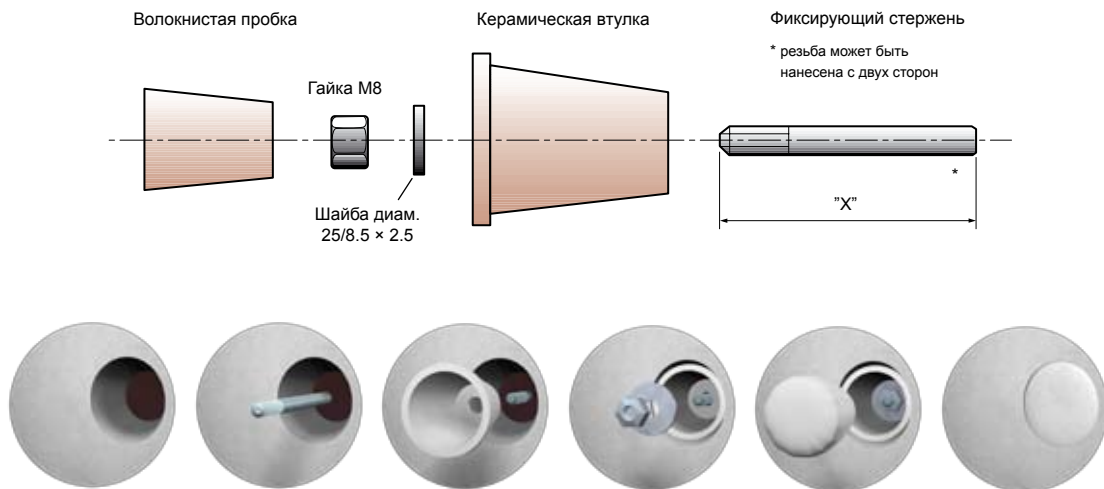
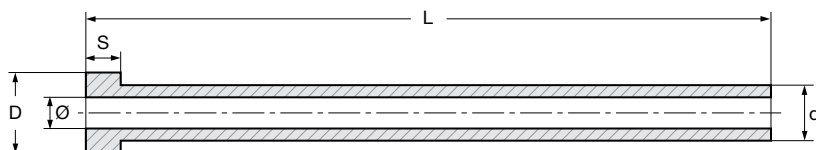


Рис. 26 Крепление FIBROTHAL

Керамические трубы с фланцем



Обозначение	D	d	Ø	S	L в ассортименте
TUT-20-10	20	10	6	6	макс. 300
TUT-25-15	25	15	9	10	100-150-200-300
TUT-30-20	30	20	12	15	100-150-200-300
TUT-35-25	35	25	15	20	150-200-300
TUT-40-30	40	30	15	20	200-250-300
TUT-45-35	45	35	20	20	150-200-300
TUT-50-40	50	40	25	30	300

Допустимые отклонения размеров соответствуют нормам DIN 40680
 Жирным шрифтом выделена стандартная номенклатура
 Обычно производятся из материала А38Е

Таб. 8 Керамические трубы с фланцем

Керамические изоляторы и пробки

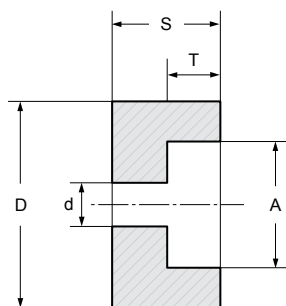


Рис. А

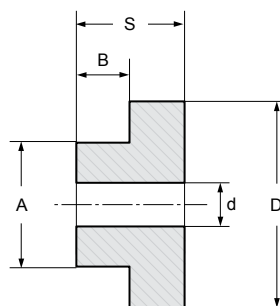


Рис. В

Код	Обозначение	Рис.	D	d	A	T	B	S	Материал
ISM	025-16,5-5 M	В	15,5	5	10	–	1,5	6	Стеатит
ISF	025-16,5-5 F	А	15,5	5	11	1,8	–	5	Стеатит
ISM	025-22-6,5 M	В	22,5	6,5	11,5	–	4	10,5	Стеатит
ISF	025-22-6,5 F	А	22,5	6,5	12,3	4,3	–	8	Стеатит
ISM	025-30-8 M	В	30	8,5	16	–	7,5	15	Стеатит
ISF	025-30-8 F	А	30	8,5	18	8,5	–	15	Стеатит
TAP	025-23-7	В	23	7	13	–	15	20	A38E
TAP	025-45-13	В	45	13	26	–	18	30	A42P
TAP	025-60-15	В	60	15	30	–	18	40	A42P

Допустимые отклонения размеров соот ветствуют нормам DIN 40680
 Жирным шрифтом выделена стандартная номенклатура

Таб. 9 Керамические изоляторы и пробки

Монтаж

Для установки модулей FIBROTHAL в сравнительно небольших печах, таких как трубчатые печи с РАС-модулями, полуцилиндрами или 3-х сегментными цилиндрами FIBROTHAL и муфельные или камерные печи с панелями FIBROTHAL, обычно не требуется проведение каких-либо специальных мероприятий, т. к. модули являются самостоятельными и/или самоустанавливающимися внутри печи.

Установка модулей FIBROTHAL

Для монтажа модулей FIBROTHAL в печных установках больших размеров рекомендуется использование креплений FIBROTHAL (см. Аксессуары). Для определенных печных конструкций возможно использование минимального количества креплений, иногда даже ни одного, т. к. модули поддерживают один другого подобно блокам свода.

Примеры показаны на рис. 27, А-С. В таком соединении важно то, что модули могут быть вмонтированы или вставлены снаружи и сверху печи. Для уменьшения количества креплений, а, следовательно, стоимости конструкции, возможен заказ полностью собранных модульных колец.

Если конструкция требует закрепления модулей изнутри печи, рекомендуется применение надежной и проверенной комбинации модулей, отображенной на рис. 27, D.

Эта конструкция состоит из модулей типа «А» + «В», причем модули типа «А» поддерживают модули типа «В». В большинстве случаев следует для надежности зафиксировать модули типа «А» креплениями.

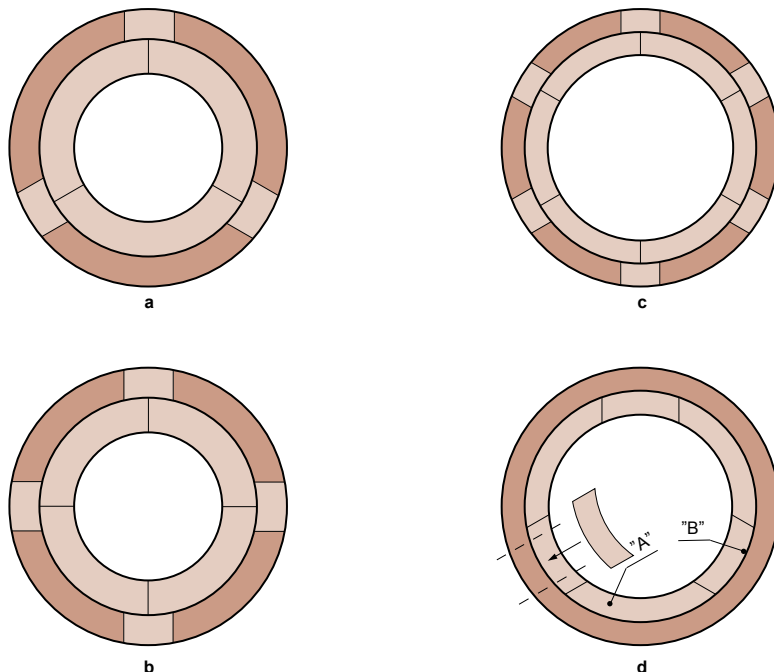
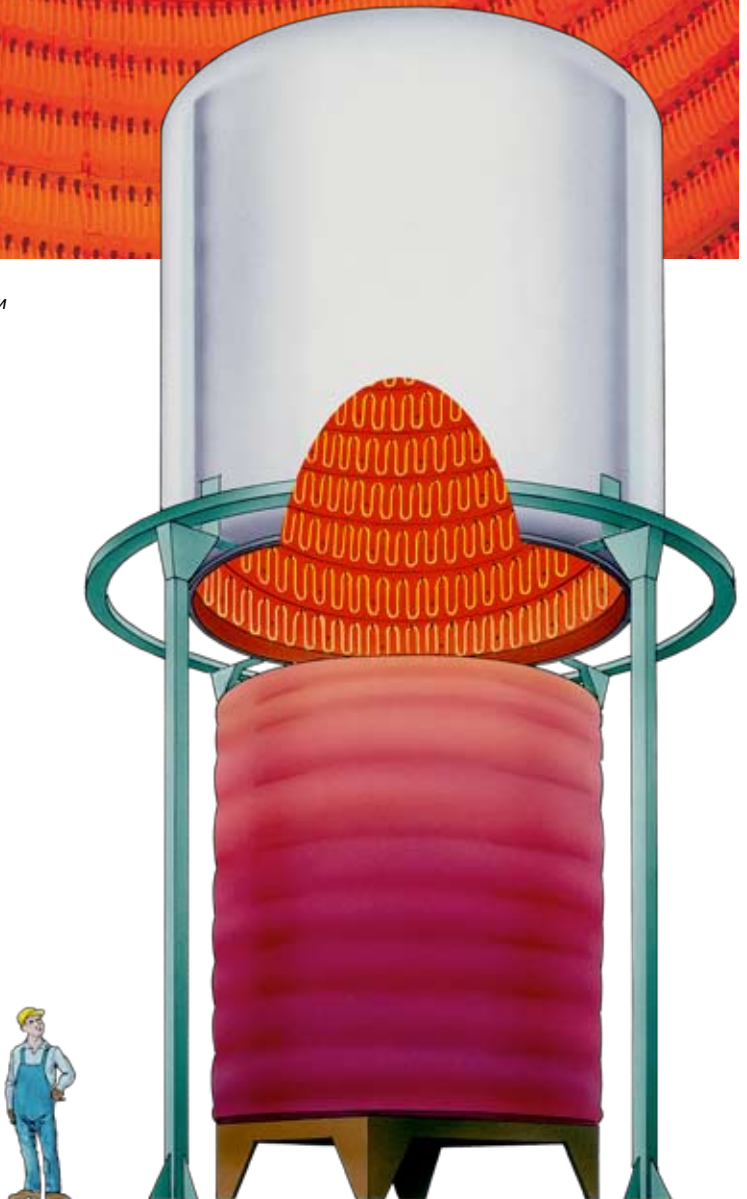


Рис. 27 Варианты установки модулей А-Д



Рис. 28 ROV-модули в колпаковой печи



Изоляция стыков

Для компенсации геометрических отклонений размеров печи и модулей, усадки модулей внутри печи, а также для предотвращения потерь энергии излучения через промежутки между модулями рекомендуется применение двойного слоя керамического волокна (см. Аксессуары) между модулями FIBROTHAL. Керамическое волокно должно выступать не менее чем на 25 мм над внешней поверхностью модуля. Это необходимо для компенсации термической усадки модулей.

Приваривание нагревательного элемента

Если необходимо провести сварку, например, вывода с нагревательным элементом, рекомендуется применение TIG-метода (аргонно-дуговая сварка). Присадочный материал для этого обычно не требуется. Необходимо следовать инструкции по сварке.

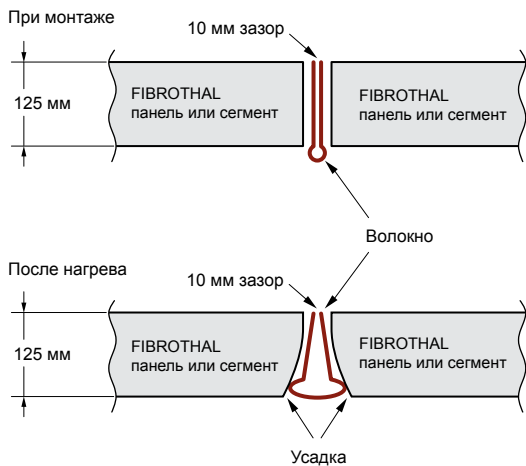


Рис. 29 Принцип заполнения керамическим волокном



Рис. 30 Монтаж сегментов FIBROTHAL ROB для печи вакуумной очистки

Полный обзор нагревательных систем

Приведенная ниже таблица служит кратким описанием характеристик различных нагревательных систем.

	Панели FIBROTHERM, встроенный нагревательный элемент	Сегменты FIBROTHERM, встроенный нагревательный элемент	Трубы FIBROTHERM, встроенный нагревательный элемент	Система RAC	Система R O B	Система Meanderthal II	Система Meanderthal III
Вертикальная установка	X	X	X	X	X	X	X
Горизонтальная установка	XD	XD	X	X	–	X	O
Установка на под	X	X	н.п.	н.п.	X	X	O
Подходит для круглых печей	O	X	X	X	X	X	X
Возможна замена элемента	–	–	–	–	X	–	X
Свободно-излучающий нагревательный элемент	–	–	–	X	X	X	X
Материал элемента A-1	X	X	X	X	X	X	X
AF	–	–	–	X	X	X	X
APM	–	–	–	X	X	X	X
N80/N60	–	–	–	–	X	X	X
Макс. температура на элементе A-1, AF, APM [°C]	A-1 1150	A-1 1150	A-1 1150	1300	1300	AF 1250 A-1 1300 APM 1350	AF 1250 A-1 1300 APM 1350
Макс. температура на элементе N80/N60 [°C]	–	–	–	–	1100/1050	1100/1050	1100/1050

X = возможно

D = в определенных условиях рекомендуется наличие системы штифтов

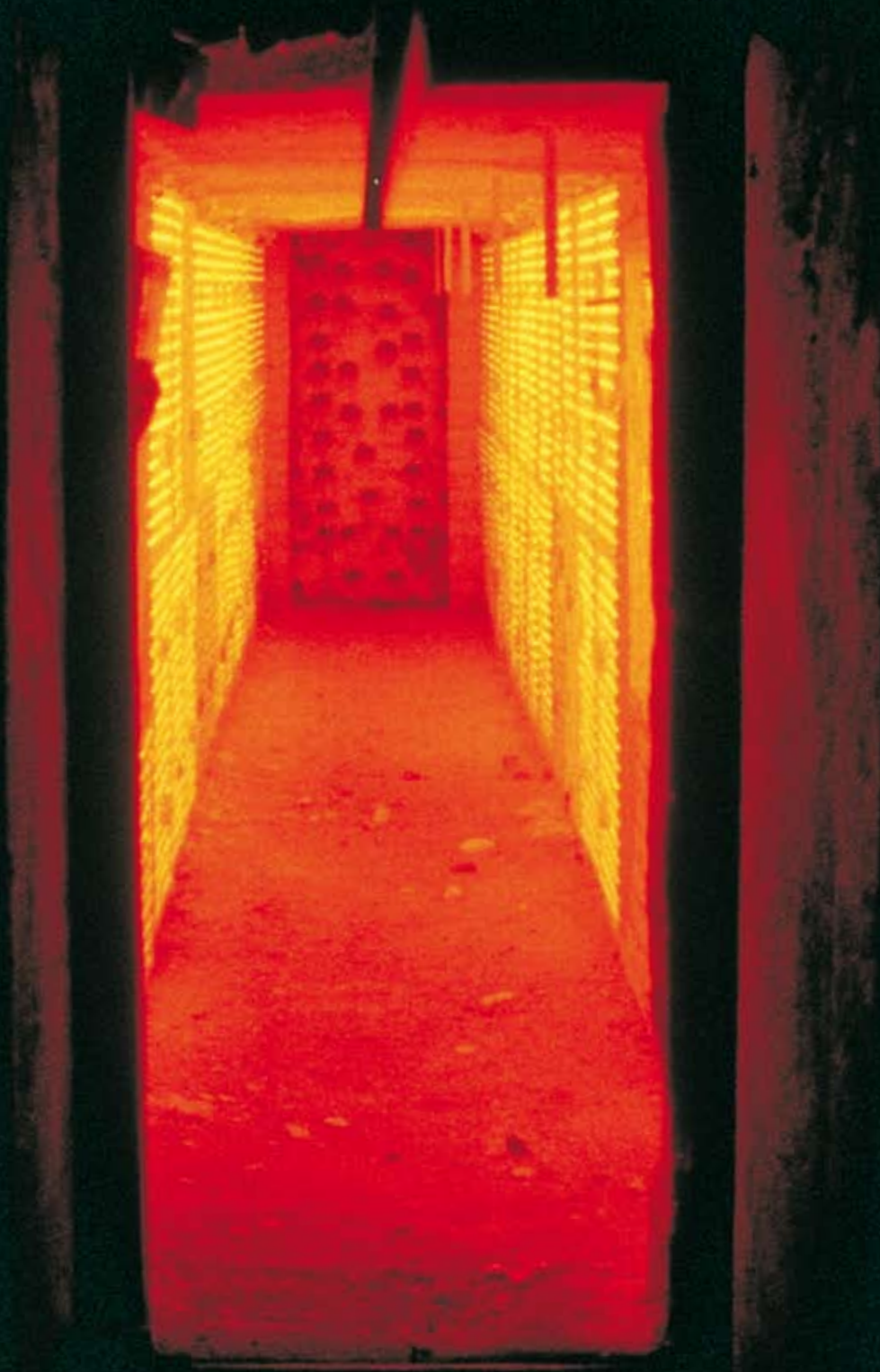
O = возможно в некоторых случаях (необходима информация от заказчика)

– = невозможно

н.п. = не применимо

Таб. 10 Критерии выбора нагревательных систем

Рис. 31 Модули FIBROTHAL в печи с подвесными монорельсами



Изменение электрического напряжения и мощности в стандартных модулях

Пример расчета

Предположим

что для оснащения камерной печи требуются 6 панелей из материала FIBROTHAL с размерами $750 \times 450 \times 125$. Указанная печь должна иметь номинальную мощность около 25 кВт.

Для этой цели могут быть выбраны нагревательные модули FIBROTHAL PAS 750/450/230 (табл. 3). В соответствии с таблицей стандартная мощность составляет 5400 Вт при подаче электрического напряжения в 230 В с холодным сопротивлением 9,42 Ом (горячее сопротивление выше примерно на 4% = 9,8 Ом). Следовательно, суммарная мощность шести нагревательных модулей составляет 32,4 кВт (2 трехфазные группы; соединение по схеме "звезда").

Расчет измененной мощности, приходящейся на 1 нагревательную панель FIBROTHAL

$$\text{Мощность 1 нагревательной панели (P)} = \frac{\text{указанная мощность печи (P)}}{\text{количество нагревательных модулей}}$$

$$\text{Мощность 1 нагревательной панели (P)} = \frac{25 \text{ [кВт]}}{6} = 4170 \text{ [Вт]}$$

Расчет электрического напряжения (U)

$$U = \sqrt{P \cdot R_w}$$

$$U = \sqrt{4170 \text{ [Вт]} \cdot 9,8 \text{ [\Omega]}} = 202,15 \text{ [В]}$$

$$U = 202,15 \text{ В}$$

В этом случае желательно выбрать 1 трехфазную группу, соединенную треугольником с двумя нагревательными модулями в ряду, т.е. каждый модуль должен быть подсоединен к напряжению в 200 В.

Расчет мощности P одного нагревательного модуля FIBROTHAL при подаче электрического напряжения в 200 В

$$P = \frac{U^2}{R_w}$$

$$\frac{200^2 \text{ [В}^2\text{]}}{9,8 \text{ [\Omega]}} = 4082 \text{ [Вт]}$$

$$P = 4082 \text{ Вт}$$

Следовательно, общая мощность печи = $6 \times 4082 \text{ Вт} = 24\,489 \text{ Вт}$

Температурным фактором, влияющим на изменение электрического нагрева, в приведенных выше расчетах можно пренебречь, т.к. при применении нагревательного элемента из сплава KANTHAL A-1 он максимально составляет 4%.

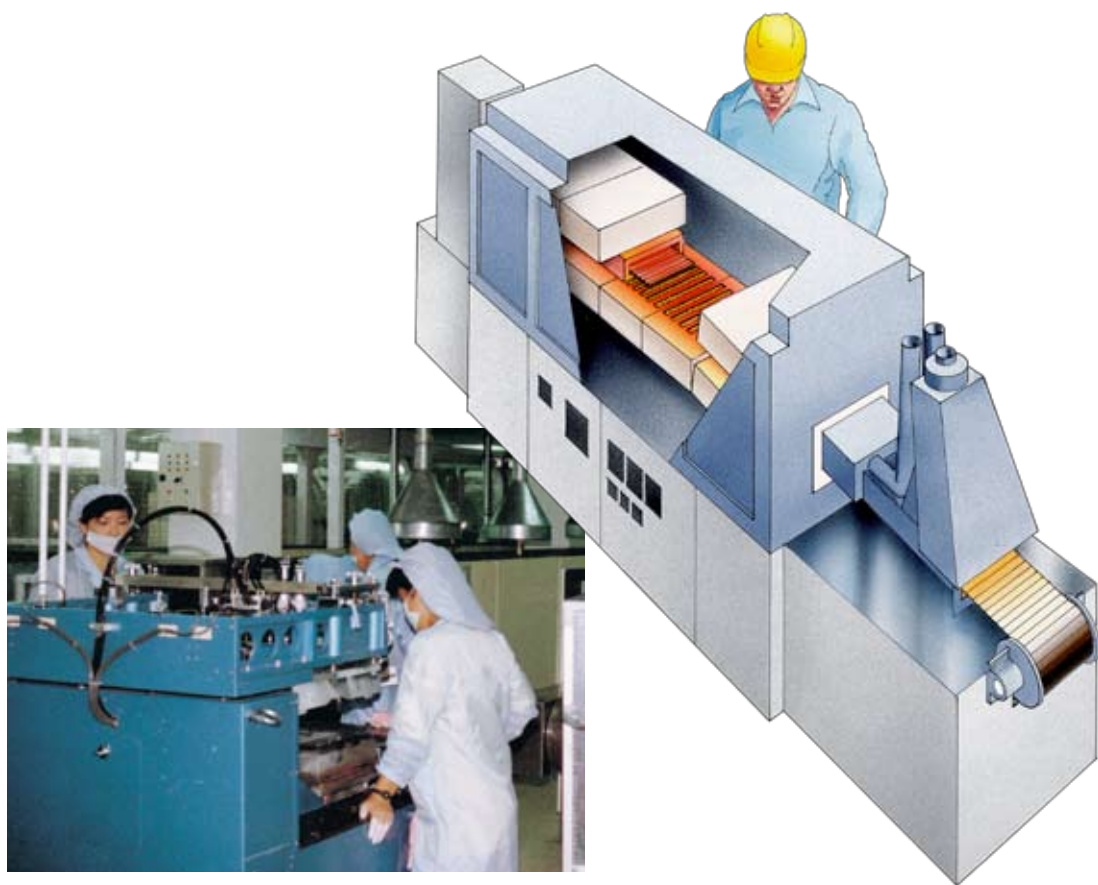


Рис. 32 Модули FIBROTHAL в конвейерной печи

Офисы продаж и технической поддержки Kanthal по всему миру

EUROPE

Bulgaria

Kanthal Representative Office
SOFIA
Phone +359 2 870 4297
Fax +359 2 971 4813

Denmark

Kanthal AB
BRØNDBY
Phone +45 4346 5270
Fax +45 4346 5271

England

Kanthal Ltd.
STOKE-ON-TRENT
Phone +44 1782 224 800
Fax +44 1782 224 820

Finland

Sandvik Tamrock Oy - Kanthal
VANTAA
Phone +358 9870 66440
Fax +358 9852 1651

France

SANDVIK SAS - Division Kanthal
COLOMBES
Phone +33 1 4786 5660
Fax +33 1 4781 5661

Germany

Kanthal ZN der Sandvik GmbH
MOERFELDEN-WALLDORF
Phone +49 6105 40010
Fax +49 6105 400188

Italy

Sandvik Italia S.p.A Divisione Kanthal
MILANO
Phone +39 02 300 981
Fax +39 02 300 98605

Norway

Kanthal AB
LILLESTRØM
Phone +47 6484 3560
Fax +47 6484 3565

Poland

Sandvik Polska Sp. z o.o. - Kanthal
WARSAW
Phone +48 22 647 3880
Fax +48 22 843 0588

Россия

ООО «Сандвик», отдел «КАНТАЛ»
127018, Москва, ул. Полковая д.1
Тел. +7 495 689 8385
Факс +7 495 745 8720

Scotland

Kanthal Ltd.
PERTH
Phone +44 1738 493 300
Fax +44 1738 493 301

Spain

Sandvik Española S.A.
Kanthal Division
MARTORELLES
Phone +34 93 571 7540
Fax +34 93 571 7586

Sweden

Kanthal AB
HALLSTAHAMMAR
Phone +46 220 21000
Fax +46 220 16350

Turkey

Sandvik Endüstriyel Mamüller San. ve Tic. A.Ş
KARTAL-İSTANBUL
Phone +90 216 453 0700
Fax +90 216 453 0707

NORTH & SOUTH AMERICA

United States

Kanthal Corporation
BETHEL, CT
Phone +1 203 744 1440
Fax +1 203 748 2229

Kanthal Heating Systems
AMHERST, NY
Phone +1 716 691 4010
Fax +1 716 691 7850

Kanthal Palm Coast
PALM COAST, FL
Phone +1 386 445 2000
Fax +1 386 446 2244

MRL Industries Inc.
SONORA, CA
Phone +1 209 533 1990
Fax +1 209 533 4079

Brazil

Sandvik do Brasil S.A. - Kanthal
VINHEDO
Phone +55 19 3826 7400
Fax +55 19 3826 7416

ASIA

China

Sandvik (Shanghai) Ltd.
Business Area Kanthal
SHANGHAI
Phone +86 21 5869 8969
Fax +86 21 5869 6155

Hong Kong

Sandvik Hongkong Ltd.
Business Area Kanthal
KOWLOON
Phone +852 2735 0933
Fax +852 2735 7238

India

Sandvik Asia Ltd. - Kanthal
TAMIL NADU
Phone +91 4344 275 490
Fax +91 4344 277 244

Japan

Sandvik KK - Kanthal Division
TOKYO
Phone +81 3 6420 1070
Fax +81 3 6420 1071

Singapore

Kanthal Electroheat (SEA) Pte. Ltd.
SINGAPORE
Phone +65 6 266 0300
Fax +65 6 266 0600

South Korea

Kanthal in Korea
C/o Sandvik Korea Ltd.
SEOUL
Phone +82 2 761 0432
Fax +82 2 761 0435

OCEANIA

Australia

Sandvik Australia Kanthal Division
DANDENONG
Phone +61 3 9238 7216
Fax +61 3 9238 7165

New Zealand

Sandvik New Zealand Ltd.
AUCKLAND
Phone +64 9 273 5888
Fax +64 9 273 5897

AFRICA

South Africa

Sandvik Ltd. Kanthal Division
EAST RAND
Phone +27 11 570 9618
Fax +27 11 570 9693

KANTHAL

Kanthal – a Sandvik brand

Kanthal AB, Box 502, SE-734 27 Халлстахаммар, Швеция Тел. +46 220 21000 Факс +46 220 21166 www.kanthal.com