

**KANTHAL® РМ Трубы**

**Радиационные Трубы  
и Нагревательные  
Системы**



**KANTHAL**

# Информация о компании

**Kanthal** – компания известная по всему миру - во всех отраслях, где присутствует электрический нагрев. Начиная с 30-х годов, Kanthal является ведущим производителем сплавов сопротивления и материалов.

Научно-исследовательский и опытно-конструкторский отдел Kanthal непрерывно работает над созданием материалов, обладающих свойствами, которые обеспечивают их безупречную работу при все более высоких температурах.

Центр производства и развития новых продуктов и металлургии расположены в Халлстахаммаре, Швеция. Офисы продаж и производства расположены по всему миру, максимально близко к нашим заказчикам, а оперативная работа достигается с помощью наших представительств.

Kanthal – компания входящая в группу Sandvik.



Каталог 6-B-2-9 10-08 500

© Kanthal AB

Настоящая брошюра может быть воспроизведена только с соответствующего официального уведомления издающей организации.

**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, GLOBAL, TUBOTHAL и ECOTHAL являются зарегистрированными торговыми марками группы компаний Kanthal в Швеции и других странах.

**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 всём мире. Офисы продаж компании Kanthal представлены в 130 странах.

# KANTHAL® PM Трубы

## Радиационные Трубы и Нагревательные Системы

### Содержание

Больше мощности, дольше срок службы и меньше обслуживания . . . . .	4
Номенклатура продукции . . . . .	5
Материал KANTHAL PM . . . . .	6
Химический анализ и физические свойства . . . . .	7
Жаропрочность . . . . .	8
Свойства высокотемпературной коррозии . . . . .	10
KANTHAL APM™ или APMT? . . . . .	14
Системы с газовым нагревом . . . . .	16
ECOTHAL® – газовая SER система . . . . .	18
Kanthal TUBOTHAL® – самый мощный металлический нагревательный элемент. . . . .	20
Нагревательные элементы Kanthal GLOBAL® – универсальность и надёжность . . . . .	22
Нагревательные элементы KANTHAL® Super с необычайно продолжительным сроком службы . . . . .	24
Новые области применения . . . . .	26
Рекомендации по проектированию и монтажу . . . . .	31
PM защитные трубы для термопар и газоанализаторов . . . . .	33
Номенклатура выпускаемых труб . . . . .	34

# Больше мощности, дольше срок службы и меньше обслуживания

KANTHAL PM (Powder Metallurgy – Порошковая Металлургия) порошковый металлический материал успешно применяется на протяжении многих лет в виде проволоки, ленты, радиантных и защитных труб, в процессах термообработки, сталелитейной и алюминиевой промышленности. Трубы KANTHAL PM позволяют увеличить производительность печей, за счёт повышения мощности, меньшего обслуживания и продолжительного срока службы.

Номенклатура труб KANTHAL PM включает АРМ (Advanced Powder Metallurgy – Современная Порошковая Металлургия), применяемые для большинства процессов и АРМТ – сплав с повышенной прочностью в горячем состоянии для высокотребовательных процессов при горизонтальном применении.

Трубы KANTHAL PM пригодны для печей с газовым и электрическим нагревом.

## Максимально высокая температура

Максимальная рабочая температура 1250°C.

## Высокий потенциал тепловой нагрузки

При температуре печи 1000°C, нагрузка может быть более чем в 2 раза выше чем при использовании жаропрочных труб. Это дает гибкость при производстве печи и переделки существующей печи. Для достижения той же мощности будет необходимо меньшее кол-во труб.

## Продолжительный срок службы

При нагреве материалы KANTHAL PM образуют слой оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ). Это защищает сплав от дальнейшей коррозии и увеличивает срок службы по сравнению с простыми жаропрочными трубами.

## Отсутствие науглероживания

Оксид алюминия защищает сплав от науглероживания в атмосфере с высоким углеродным потенциалом.

Материалы KANTHAL PM материалы противостоят коксованию и металлическому истиранию.

## Меньше обслуживания

Оксидный слой не растрескивается, следовательно не отслаивается и не загрязняет трубу, нагревательный элемент или газовую горелку. Нет необходимости в остановке производства для чистки труб. Снаружи трубы оксидный слой также не отслаивается, следовательно не загрязняет продукцию в печи.

## Отсутствие слабых участков

Трубы являются экструдированными (цельнотянутыми), т.е. не имеют таких потенциальных очагов разрушения как сварные швы.

## Превосходная стабильность формы труб

Превосходная стабильность формы даже при повышенных температурах.

## Низкий вес

KANTHAL PM весят меньше, чем жаропрочные трубы таких же размеров.

# Номенклатура продукции

## Готовы к монтажу

Трубы KANTHAL PM поставляются как готовые системы для электрических и газовых печей. Мы можем провести расчёты и выбор наиболее подходящей системы для ваших нужд. Трубы

производятся стандартных диаметров, что позволяет подобрать размер практически для любого применения.

## Печи с газовым обогревом

Прямые трубы . . . . . *стр. 16*

Рекуперативные SER системы с внешней и внутренней трубой . . . . . *стр. 16*

ECOTHAL SER-горелки. . . . . *стр. 18*

## Печи с электрическим нагревом

TUBOTHAL металлические нагревательные системы . . . . . *стр. 20*

GLOBAR карбидокремниевые нагревательные системы . . . . . *стр. 22*

KANTHAL Super нагревательные системы . . . *стр. 24*



# Материалы KANTHAL PM

Ряд высокотемпературных материалов Kanthal предназначен в основном для производства проволоки и ленты, для применения в электрических печах. Бесшовные трубы из порошковых материалов KANTHAL APM и APMT производятся экструдированием. Трубы KANTHAL PM пригодны для использования в широком диапазоне температур и атмосфер, покрывающем множество применений и процессов в различных отраслях промышленности.

Материалы KANTHAL PM, основаны на широко известном сплаве Kanthal FeCrAl – который используется для изготовления электрических элементов для многих типов печей уже более 70 лет. Материалы APM и APMT производятся посредством

технологического процесса «Продвинутая Порошковая Металлургия». Сплавы порошковой металлургии имеют все достоинства традиционных сплавов Kanthal и вобрала из них дополнительные преимущества. Наиболее очевидные преимущества – отличные механические свойства достигнутые путём дисперсного упрочнения.

KANTHAL APMT – представляет собой дальнейшее развитие сплава KANTHAL APM разработанный для специальных применений. Сплав имеет такую же превосходную устойчивость к температурной коррозии как APM, но более высокую жаропрочность.



# Химический анализ и физические свойства

Типичный химический состав [%]							
	Fe	Cr	Al	Mo	Mn	Si	C
APM	остальное	22	5,8	–	≤ 0,4	≤ 0,7	≤ 0,05
APMT	остальное	22	5,0	3,0	≤ 0,4	≤ 0,7	≤ 0,05

	APM	APMT
Плотность [г/см <sup>3</sup> ]	7,1	7,2
Кэффициент излучения (полностью окисленный материал)	0,7	0,7

Магнитные свойства – материал слегка магнитен примерно до 600°C (точка Кюри)

Температура [°C]	Кэффициент теплового расширения	
	Тепловое расширение [10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]	
	APM	APMT
20–250	13	12
20–500	13	13
20–750	14	14
20–1000	15	15
20–1250	16	15

Теплопроводность						
Температура [°C]	50	600	800	1000	1200	1400
APM [Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ]	11	20	22	26	27	35
APMT [Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ]	11	21	23	27	29	32

Удельная теплоёмкость								
Температура [°C]	20	200	400	600	800	1000	1200	1400
APM [кДж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ]	0,46	0,56	0,63	0,75	0,71	0,72	0,74	0,80
APMT [кДж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ]	0,48	0,56	0,64	0,71	0,67	0,69	0,70	0,74

# Жаропрочность

## Длительная прочность

Трубы KANTHAL PM сочетают в себе прочность и коррозионную стойкость которые позволяют работать намного дольше при более высокой температуре, чем жаропрочные трубы.

KANTHAL APMT трубы имеют похожее значение прочности как и жаропрочные трубы, но APMT трубы сохраняют свою прочность при более высоких температурах.

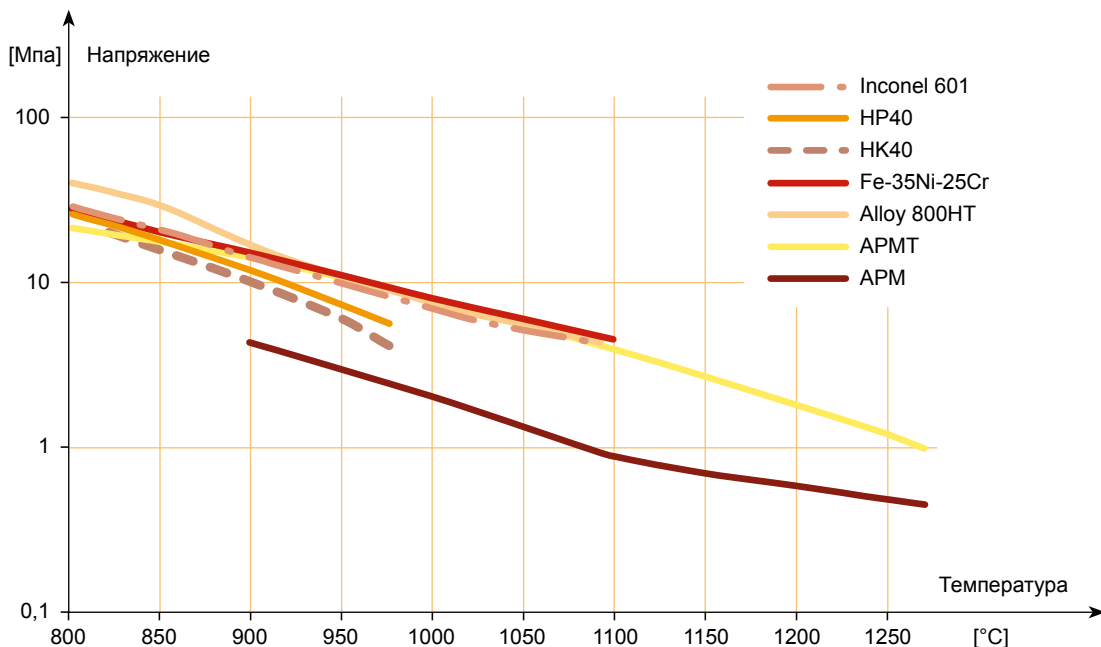


Рис. 1 Длительная прочность – 10000 часов

## Устойчивость к деформации

Провисание труб – это одно из проявлений деформации ползучести материала. В основном сопротивление ползучести материала определяется в ходе теста по определению одноосной деформации с использованием стандартных образцов. Однако часто применение на практике данных о сопротивлении ползучести материала, полученных таким образом, невозможно, поскольку в реальных условиях на горизонтальные и другие элементы действует комплексное механическое напряжение. Подобные трудности можно проиллюстрировать на следующем примере.

Аустенитная сталь (Fe, 35Ni, 25Cr) при нормальных условиях обладает более высоким сопротивлением

ползучести, чем материал KANTHAL APM, но эти же показатели обоих материалов равны при 1100°C. Результаты тестирования трех экструдированных труб из обоих сплавов KANTHAL PM и из аустенитной стали в тестовой установке доказали, что первые превзошли последнюю по устойчивости к деформации. Есть несколько причин несоответствия устойчивости к деформации материалов их сопротивлению ползучести. Первая причина в том, что при тестировании на сопротивление ползучести веса прикладываются к образцу независимо от вида тестируемого материала, и в этом случае важную роль играет плотность материала. Другим фактором является изменение характера деформации с



течением времени. В начале испытания все трубы одинаково демонстрируют провисание. По завершении фазы первоначальной деформации труба из аустенитной стали продолжает деформироваться по линейной зависимости, а скорость деформации труб KANTHAL PM постоянно уменьшается.

Существует множество подтверждений результатов данного теста на практике. Довольно часто в печах, оснащенных трубами из жаропрочных сталей, изготовленными методом центробежного литья, или сварными трубами, применяется поворачивание труб вокруг оси на  $180^\circ$  через регулярные промежутки времени. При применении труб KANTHAL PM необходимость в этом отпадает или сводится к однократному поворачиванию труб при первой остановке печи после начала их эксплуатации.

Еще одним фактором, играющим важную роль при эксплуатации материалов в реальных условиях, который не учитывается при лабораторном тестировании, является коррозия. Коррозия не только влияет на механическую прочность материалов, но также, что в равной степени важно, снижает их нагрузочную способность.



Рис. 2 KANTHAL APMT (слева) и Fe-35Ni-25Cr (справа) после теста на прогиб

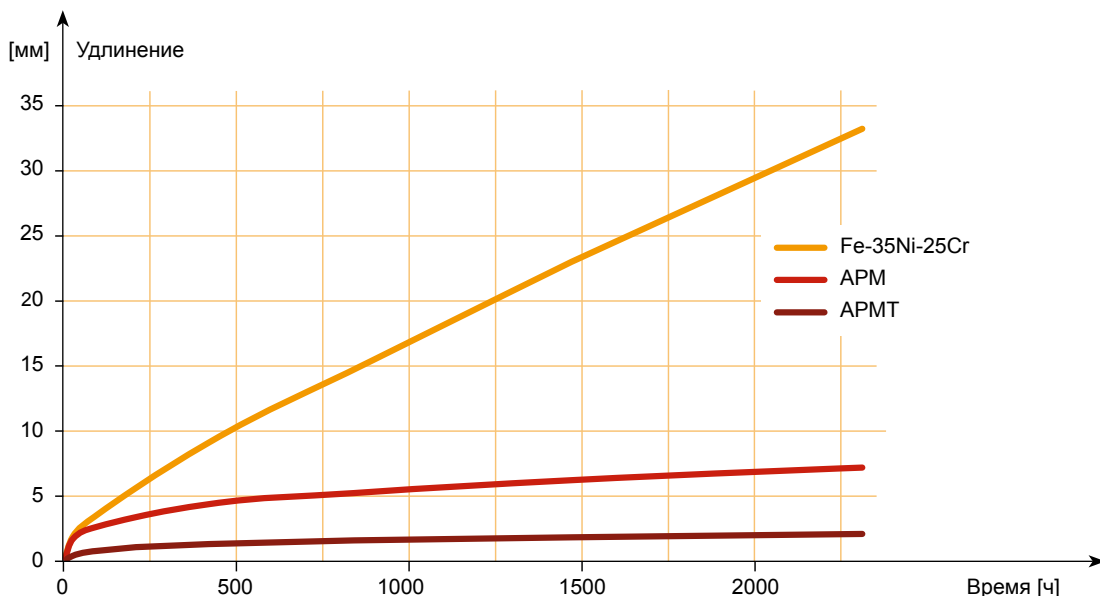


Рис. 3 Сравнительный тест на удлинение при  $1100^\circ\text{C}$

# Высокотемпературные окислительные свойства

Сплавы KANTHAL PM обладают превосходной коррозионной стойкостью при высоких температурах. Это объясняется тем, что их поверхность образует плотный слой из оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), составляющий единое целое с основной массой сплава и защищающий ее от воздействия коррозионно-активной среды. Оксид алюминия образуется в процессе избирательного оксидирования алюминия сплава. Эффективный защитный оксидный слой должен отвечать следующим требованиям:

- **Термодинамическая стабильность** – защитный слой должен быть инертным по отношению к окружающей среде
- **Стойкость к отслаиванию** – защитный слой не должен отслаиваться от основного материала в процессе циклической термообработки
- **Низкая степень роста** – Медленный рост окиси необходим, чтобы обеспечить продолжительный срок службы продукта

Оксидный слой на поверхности труб KANTHAL PM соответствует всем вышеперечисленным требованиям в большей степени, чем какой-либо другой высокотемпературный защитный слой. Защитный слой на поверхности жаропрочных сталей представляет собой оксид хрома. Он слабее сцеплен с металлом и склонен к отслоению в гораздо большей степени, чем поверхность любого из материалов KANTHAL PM. Оксид хрома также характеризуется летучестью во многих атмосферах, т.е. испаряется с горячих металлических поверхностей и конденсируется на менее горячих поверхностях окружающей среды. Отслоившийся или конденсировавшийся оксид хрома загрязняет материалы в печи и нарушает их окраску, а в особо тяжелых случаях может привести к сбою работы печи в результате короткого замыкания электрических нагревателей сопротивления или закупорки/протечки газовых клапанов.

Сплавы KANTHAL PM способны образовывать защитный оксидный слой даже при очень низкой концентрации кислорода в окружающей среде. Атмосфера практически всех промышленных печей содержит достаточно кислорода для образования устойчивой пленки из оксида алюминия. Помимо  $O_2$  атмосфера печи содержит и другие источники кислорода, необходимого для образования



Рис. 4 Сравнение APMT трубы с Fe-35Ni-25Cr (после 2300 ч при 1100°C). Жаропрочные трубы целиком покрыты окалиной.

защитного слоя.  $H_2O$ ,  $CO/CO_2$ ,  $CH_3OH$  или  $SO_2$  также являются источниками кислорода для образования защитного оксидного слоя на поверхности труб KANTHAL PM.

## Сплавы KANTHAL PM превосходны в атмосферах с высоким углеродным потенциалом

Одно из основных достоинств сплавов KANTHAL PM – их превосходная устойчивость к науглероживанию. Жаропрочные сплавы поглощают углерод намного быстрее, чем сплавы KANTHAL PM и это приводит не только к изменению структуры сплавов, но также к накоплению свободного углерода на поверхности труб. Этот углерод может быть очень твердым и очень часто его невозможно очистить с поверхности трубы.

Накопление углерода приводит к понижению теплоотдачи, что в свою очередь преводит к перегреву труб и нагревательных элементов. Перегрев способствует увеличению роста углерода на поверхности трубы, что ускоряет выход из строя труб и нагревателей.

Однако, защитный слой окиси алюминия на трубах из сплавов KANTHAL PM подавляет реакцию между углеродом и поверхностью труб. Окись алюминия очень устойчива к углероду. Опыт работы показал, что накапливаемый углерод не прилипает к поверхности трубы и легко удаляется щёткой с поверхности труб.

Эта особенность важна во многих типах термических печей, где необходим высокий потенциал углерода. В этом случае KANTHAL PM ведёт себя значительно

лучше по сравнению с жаропрочными сплавами. На приведенном ниже графике отображена зависимость скорости науглероживания сплавов KANTHAL APM и различных жаропрочных сталей в зависимости от температуры.

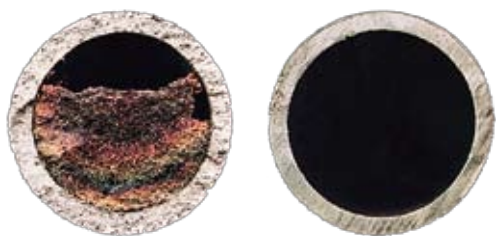


Рис. 5 Сравнение труб проработавших в углеродосодержащей среде (NiCr слева, APM справа)

Опыт показывает, что APM материалы великолепно работают в пыльных атмосферах. Это тяжёлая форма локализованного воздействия углерода, что обычно происходит при температуре между 500–900°C. Несмотря на то, что данный интервал

не достигает рабочей температуры материалов APM и APMT, превосходство этих сплавов над обычными жаропрочными сталями было доказано на практике.

### Устойчивость в серосодержащих атмосферах

KANTHAL PM трубы крайне устойчивы в серосодержащих атмосферах где сульфидирование и окисление – конкурирующие реакции. Скорость коррозии не значительна до тех пор, пока в атмосфере доминирует реакция окисления. Сульфидирование как правило во много раз ускоряет процесс коррозии. В большинстве атмосфер соотношение количества серы и кислорода определяет доминирующую реакцию.

По сравнению с NiCr трубами, KANTHAL PM трубы более устойчивы к сульфидированию т.к. окись оксида алюминия более стабильна при низком содержании кислорода, чем оксид хрома.

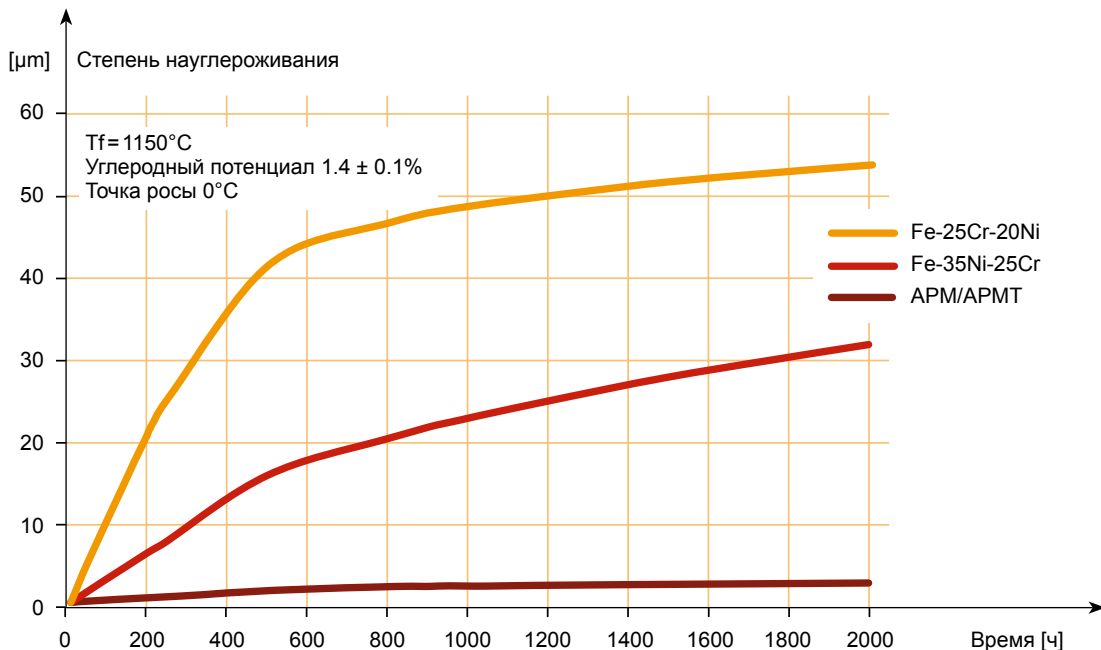
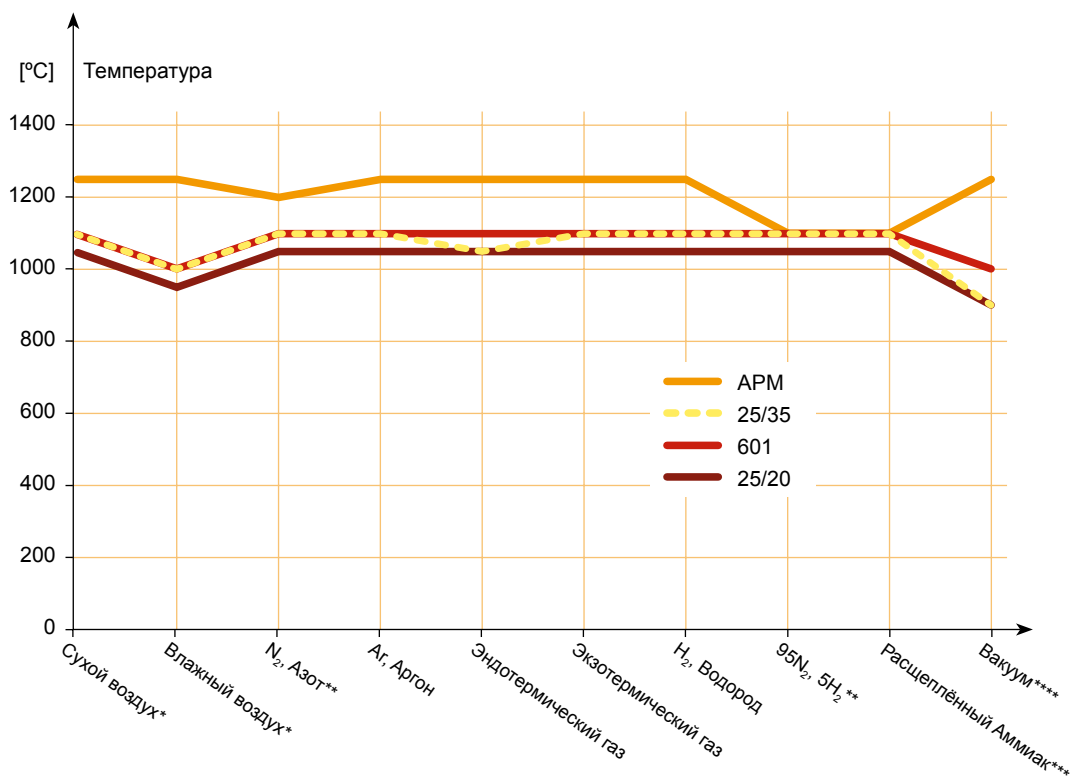


Рис. 6 Устойчивость к науглероживанию

## Рекомендуемые максимальные температуры

На диаграмме ниже показаны рекомендуемые максимальные температуры для различных сплавов в различных атмосферах. Эти температуры основаны на результатах практического применения, хотя материал может выдерживать и более высокие температуры, если это необходимо.

Вопрос о применении для  $N_2$  и  $N_2+H_2$  атмосфер при низкой точке росы ( $<-20^\circ C$ ), необходимо рассматривать индивидуально. Пожалуйста, свяжитесь с представительством Kantal для получения точной информации.



\* Ограничения вследствие механической прочности. Материал может выдержать до  $1425^\circ C$ .

\*\* Температурное ограничение зависит от точки росы.

\*\*\* Атмосфера созданная диссоциированным аммиаком, в которой может содержаться недиссоциированный аммиак, будет понижать максимально допустимую температуру. Другие материалы, разработанные для этой атмосферы, могут быть предложены по запросу.

\*\*\*\* Работая при этой температуре, сплавы APM/APMT необходимо отжигать через определённые интервалы для восстановления оксидного слоя.

Рис. 7 Рекомендуемые максимально допустимые температуры в различных атмосферах

## Ограничения обычных жаропрочных сплавов

Большинство радиационных труб производятся из жаропрочных сплавов методом центробежного литья, экструзией или формовкой из прокатанных листов. Ограничивающий фактор при использовании этих труб – отсутствие прочности, низкая устойчивость к высоким температурам и/или агрессивным атмосферам. Ограничения в характеристиках сужают сферу их использования – только при низких температурах и низкой мощности.

Недостатки жаропрочных сталей, эксплуатируемых в окисляющей среде, связаны главным образом с образованием на их поверхности слоя из оксида хрома. Хотя этот слой и образует некоторую защиту от дальнейшего окисления металла, тем не менее, он не достаточно крепко связан с ним и склонен к отслоению в ходе циклической термообработки, из-за чего материал вновь подвергается воздействию агрессивной

атмосферы. Поскольку с увеличением температуры возрастает и скорость окисления, на практике радиационные трубы из жаропрочных сталей не могут работать при температуре выше 1100°C.

Другими недостатками труб из нихромовых сплавов является быстрое науглероживание в печах с высоким углеродным потенциалом и формирование сульфата никеля в серосодержащих атмосферах. Кроме того, отслаивающийся оксид хрома загрязняет продукцию в печи.

Когда жаропрочные трубы используются совместно с электрическими нагревателями, оксидная плёнка осыпаясь вызывает преждевременный выход из строя нагревательного элемента вследствие короткого замыкания.

# KANTHAL APM или APMT?

KANTHAL APM используется более 10 лет в различных применениях и с нагревательными элементами сопротивлении. Однако существуют области, где необходима более высокая механическая прочность. KANTHAL APMT – новый сплав специально разработанный для этих применений.

Состав KANTHAL APMT незначительно изменён по сравнению с KANTHAL APM. В основу входит

Fe-Cr-Al, но APMT также содержит 3% молибдена, а содержание алюминия немного меньше. Эти небольшие изменения в составе не влияют на жаростойкость как видно на Рис. 8. APMT формирует защитный слой оксида алюминия подобно APM, и тесты показывают, что поведение сплавов в среде науглероживания и сульфидирования практически одинаково для обоих сплавов.

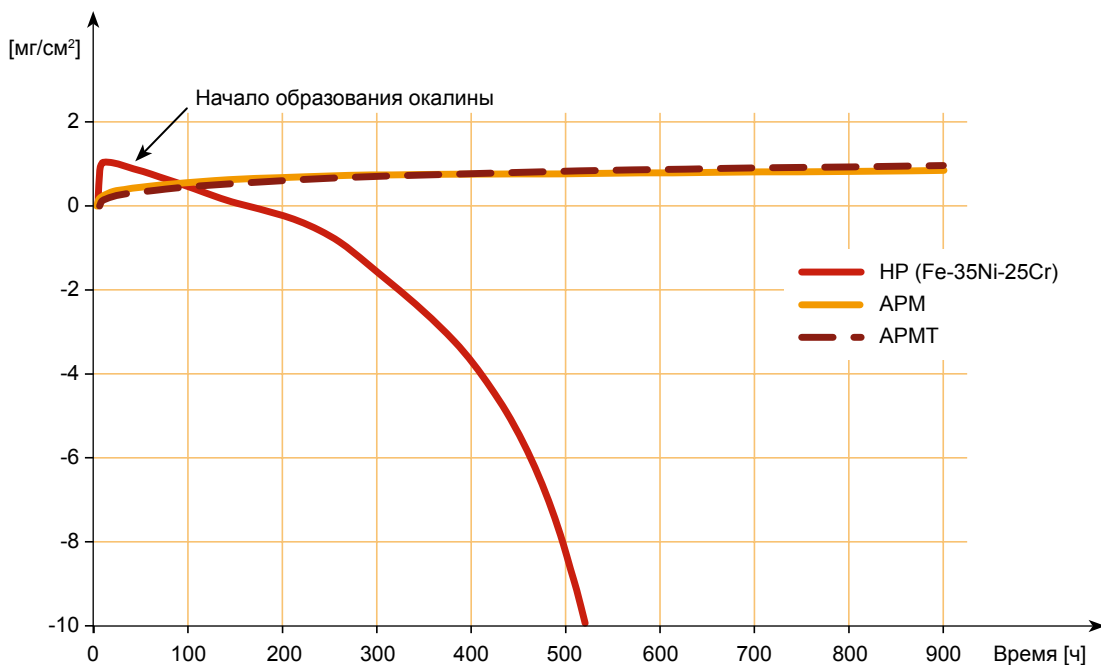


Рис. 8 Окалиностойкость при 1100°C

Трубы KANTHAL APMT используются вместо труб KANTHAL APM, где необходима более высокая прочность. Трубы KANTHAL APMT могут также решить проблему деформации металлических жаровых труб или прогиб радиационных труб в газовых системах SER.

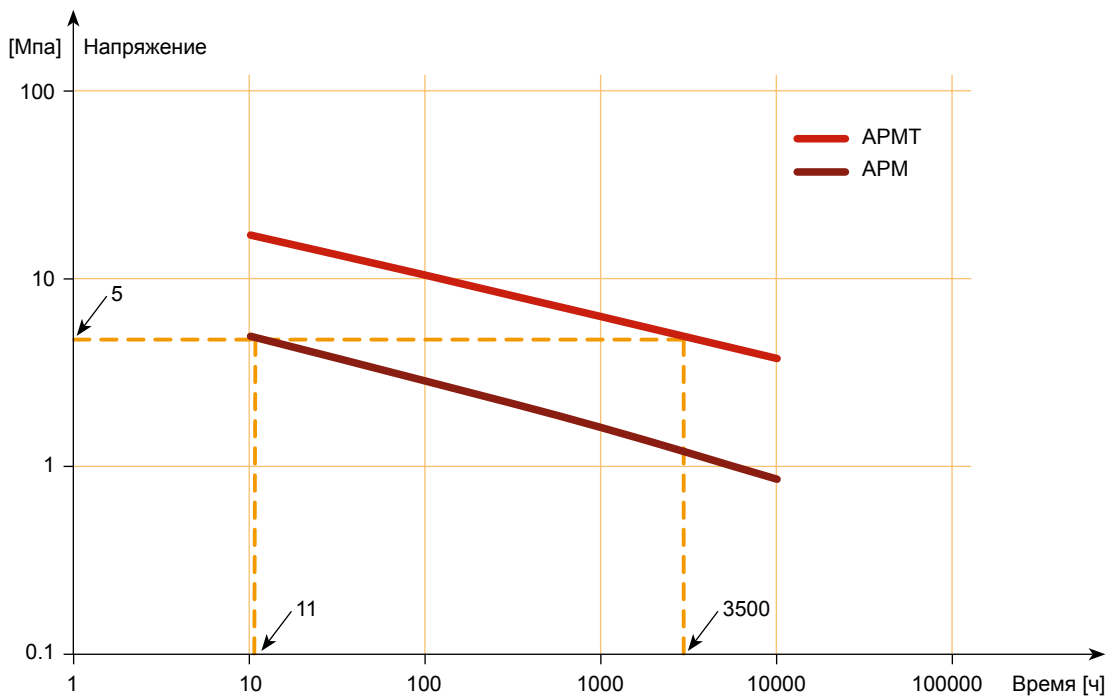


Рис. 9 Разрушение при ползучести при 1100°C

# Системы нагрева газом

## Сквозные трубы

Радиационная труба состоит из прямой трубы с горелкой заделанной с одной стороны и с выходом продуктов сгорания с другой стороны. Эти прямые трубы простые и сравнительно недорогие, а в действительности неэффективны, т.к. температура уходящих газов значительно выше, чем температура печи и основное тепло уходит в атмосферу. Трубы KANTHAL PM имеют длительный срок службы и их можно использовать при более высокой температуре и мощности чем жаропрочные трубы.

## Односторонние рекуперативные трубы – SER системы

Большинство труб используемых сегодня имеют дно с одной стороны, а с другой установлена горелка и выход отработавших газов. При этой конструкции отработавшие газы могут использоваться для предварительного подогрева воздуха, необходимого для горения. В результате мы получаем более эффективную систему. Трубы общепринятого дизайна U, W, и P постепенно заменяются на менее дорогие и легковесные конструкции – рекуперативные системы SER. При таком дизайне рекуператор интегрируется в трубу. Возврат тепла

от отработавших газов минимизирует потери тепла через стенки печи.

Современные, высокоэффективные SER системы предлагают эффективность на 80% выше по сравнению со сквозными системами. Надёжность и жаропрочность труб KANTHAL PM делает их идеальным решением для современных высокоэффективных систем с низким выбросом, и они быстро становятся предпочтительным выбором во многих применениях.

В комбинации с SER горелкой ограничивающим фактором в конструкции выступает внутренняя жаровая рекуперативная труба, которая работает на значительно более высокой температуре, чем внешняя труба.

Даже в низкотемпературных применениях, температура внутренней жаровой трубы может превышать практический максимум жаропрочных труб особенно при высокой мощности. Это устанавливает некоторые ограничения на конструкцию труб.

Однако трубы KANTHAL PM способны работать на значительно более высокой температуре, чем

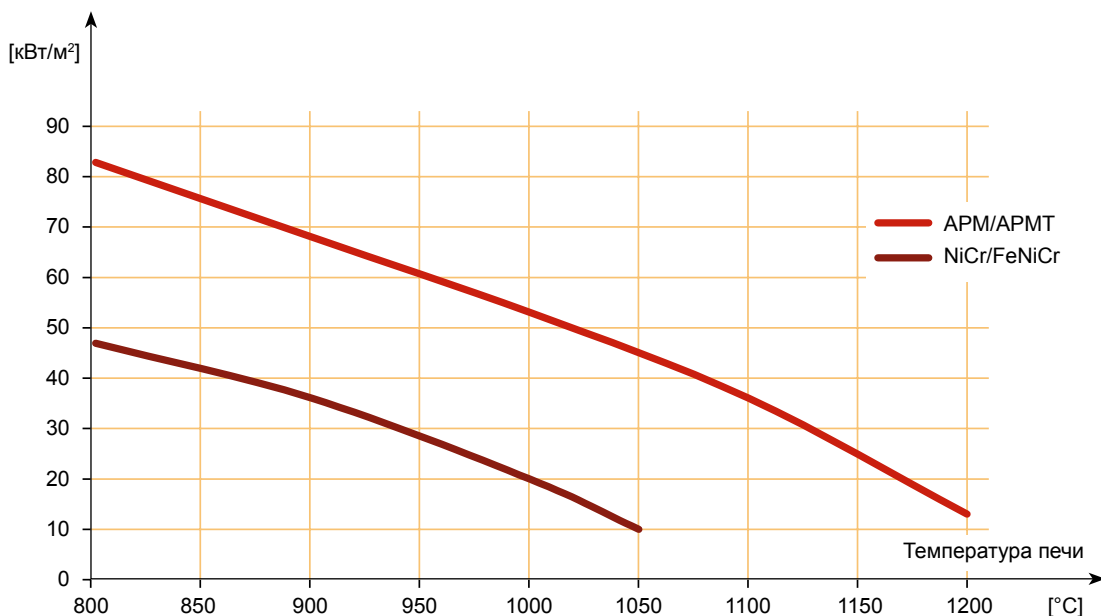


Рис. 10 Мощность SER систем с газовой горелкой



жаропрочные трубы. Это позволяет производителю горелок разрабатывать более мощные системы и использовать меньше труб или увеличивать мощность существующих систем (см. рис. 10). Применение труб KANTHAL PM не только дает серьезное преимущество в отношении производительности и стоимости установки, но также позволяет расширить температурные пределы применения радиационных труб.

### Карбидокремниевые внутренние трубы

Карбид кремния может применяться совместно с KANTHAL APM трубами в газовых печах, где температура выше или ваттная нагрузка настолько высока, что металлические трубы её не выдерживают. SER системы работающие при высоких температурах и высоких тепловых нагрузках могут работать совместно с внутренней жаровой трубой из карбида кремния. Внутренняя жаровая труба зачастую имеет температуру на 100–200°C выше, чем внешняя. Внешние трубы KANTHAL PM могут работать при более жестких условиях, чем другие металлические трубы и имеют лучшую устойчивость к механическим ударам, чем керамические трубы из карбида кремния. Фланец, дно и поддерживающие системы намного проще и дешевле установить для металлической системы по сравнению с керамической.



*Вертикальная  
SER система*

*Прямая труба  
применяемая при  
открытом горении*



*Горизонтальная SER система*

# ECOTHAL® – газовая SER система

ECOTHAL SER-газовая система (односторонняя рекуперативная система) разработана как высокоэффективная, надёжная система с низким уровнем выбросов. Используя традиционную рекуперативную систему можно увеличить эффективность примерно на 80%, а с системой ECOTHAL мощность увеличивается дополнительно на 10%.

ECOTHAL SER-газовая система разработана с использованием передовых методов оптимизации путём применения новейших методов имитационного моделирования газовых/воздушных потоков, а также потоков выхлопных газов. Прочная конструкция – все части металлические, гарантирующие надёжную работу и эксплуатацию при практически любых условиях. Металлическая конструкция также означает простое обращение с минимальным риском повреждения системы.

Благодаря комплексному моделированию и расчётам мы можем предложить оптимальное решение по нагреву которое увеличит производительность и качество конечного продукта.

В некоторых случаях, наши решения увеличили производительность почти на 100%.

## Объективная ценность для заказчика

ECOTHAL SER-газовая система с пониженным потреблением газа и низким уровнем выбросов – наиболее эффективное газовое решение на рынке. ECOTHAL SER-газовая система – комплексное решение, не требующее дополнительных затрат, т.к. не загрязняет окружающую среду.

С ECOTHAL вы можете увеличить производительность или уменьшить затраты. Этого можно добиться путём уменьшения кол-ва газовых горелок, а соответственно и уменьшения расхода газа – при той же производительности. Высокая эффективность горелок позволяет экономить до 25% газа.

## Влияние на окружающую среду

ECOTHAL SER-газовая система – самый чистый рекуперативный радиационный нагреватель на рынке. Высокая эффективность также уменьшает выбросы углекислого газа на единицу производимой энергии. Это позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды, уменьшить затраты и получить конкурентное преимущество.

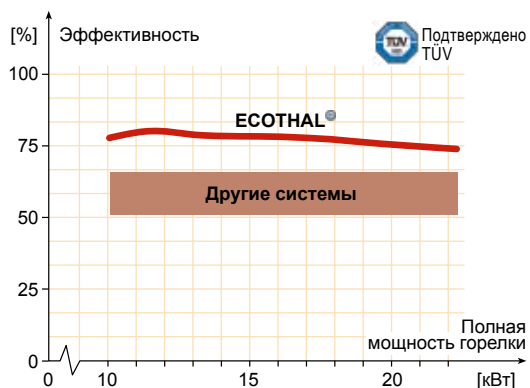


Рис. 11 Сравнение эффективности

В увеличении эффективности печи и снижении загрязняющих выбросов важную роль играет процесс сгорания топлива. Избыток воздуха снижает тепловую мощность установки и повышает выброс вредных оксидов азота. Недостаток воздуха приводит к неполному сгоранию и образованию несгоревшего остатка в виде угарного газа и углеводородов. Конструкция горелок ECOTHAL избавляет потребителей от дополнительного регулирования системы

ECOTHAL разработан с целью уменьшить выбросы в окружающую среду и отвечает всем современным требованиям стандартов по защите окружающей среды.

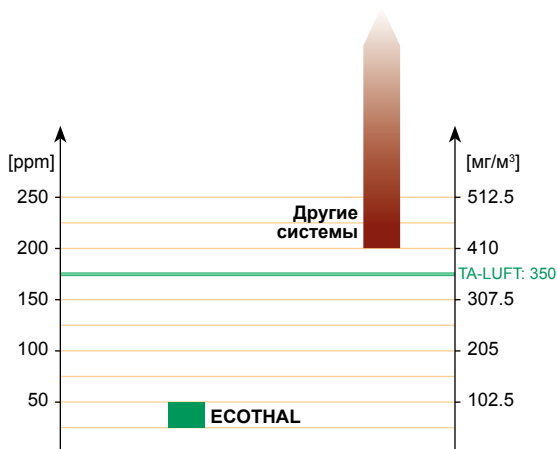


Рис. 12 Типичный уровень NO<sub>x</sub>



## ECOTHAL – газовая SER система удовлетворяет требованиям по выбросам одобренная TÜV

Проверено при работе на натуральном газе;

Углекислый газ 75 г/МДж

Угарный газ  $\approx 0$  ppm

$\text{NO}_x < 50$  ppm (3%  $\text{O}_2$ )

$\text{NO}_x$  20 г/МДж

## Возможности системы ECOTHAL

ECOTHAL позволяет обновить Вашу существующую систему от базового решения до полной системы с возможностью контроля и учёта всех рабочих параметров. На выбор предлагается три комплектации системы ECOTHAL. Все три модели работают одинаково эффективно и имеют низкие выбросы.

## ECOTHAL – три системы на выбор

**Модель №1 – ECOTHAL со свечой розжига:** Ручной розжиг и контроль с помощью свечи розжига через специальное отверстие в отводе трубы выхлопных газов, позволяет уверенно контролировать процесс горения, а также низкий выброс  $\text{NO}_x$ .

**Модель №2 – ECOTHAL с электронным розжигом:** Трансформатор напряжения зажигания и стержень розжига позволяющие запускать горелку за считанные секунды. Это позволит снизить расход топлива и выбросов при запуске.

**Модель №3 – ECOTHAL с UV:** Топовая модель с функцией контроля и задания параметров на дисплее. Усовершенствованное управление и регулирующая система используют ультрафиолетовый детектор пламени совместно со стержнем розжига.

В большинстве случаев эта система требует переделки подводимой электрической и газовой системы.

## ECOTHAL SER-система является совершенной системой в комбинации с АРМ/АРМТ трубами

ECOTHAL SER-система разработана с целью получения максимально возможной мощности при низких выбросах, и следовательно является лучшим решением по сравнению со сквозной системой и другими рекуперативными трубами, а именно:

- Рост производительности до 80%
- Уменьшение общих затрат на топливо до 25%
- Низкие выбросы

ECOTHAL SER-система уменьшает потребность в дорогостоящем и частом обслуживании, т.к. проста в монтаже и легка к адаптации к существующей системе, в следствии использования стандартизованных комплектующих. При использовании ECOTHAL SER-системы совместно с трубами KANTHAL PM, обслуживание сводится до минимума.



# Kanthal TUBOTHAL – самый мощный металлический нагревательный элемент



Kanthal TUBOTHAL является идеальным нагревательным элементом при использовании совместно с трубами РМ, т.к. имеет огромные преимущества, такие как – очень высокая мощность – продолжительный срок службы – низкий вес – простота адаптации к существующей системе напряжения и контроля. В комплекте с РМ трубами мы получаем простоту в монтаже, высокую надёжность, а самое главное мы исключаем необходимость в чистке и регулярном поворачивании труб.

Область применения, где используются системы TUBOTHAL, достаточно обширна, но основными отраслями являются термообработка, алюминиевая промышленность и уничтожение отходов.

Радиационные трубы прекрасно зарекомендовали себя в печах сжигания вредных веществ, в алюминиевых миксерах, дозирующих печах и при литье под давлением.

Прекрасные эксплуатационные характеристики элементов TUBOTHAL и труб АРМ могут быть реализованы как при создании новых печей, так и при переделке старых, традиционных конструкций. В обоих случаях могут достигаться большая мощность и/или более высокие температуры, либо использовано меньше элементов, что повышает эффективность печи и снижает эксплуатационные расходы. Продолжительное время работы систем TUBOTHAL гарантирует надёжную и непрерывную работу агрегатов.

Элементы TUBOTHAL подходят к установке как горизонтально, так и вертикально. Ассортимент элементов TUBOTHAL весьма широк и состоит из стандартных диаметров для соответствия трубам АРМ. В принципе, длина элемента неограничена, но на практике упаковка, доставка и установка накладывают ограничения на размеры. Уже были установлены элементы до 6 метров длиной, что без сомнений покрывает большинство областей применения.

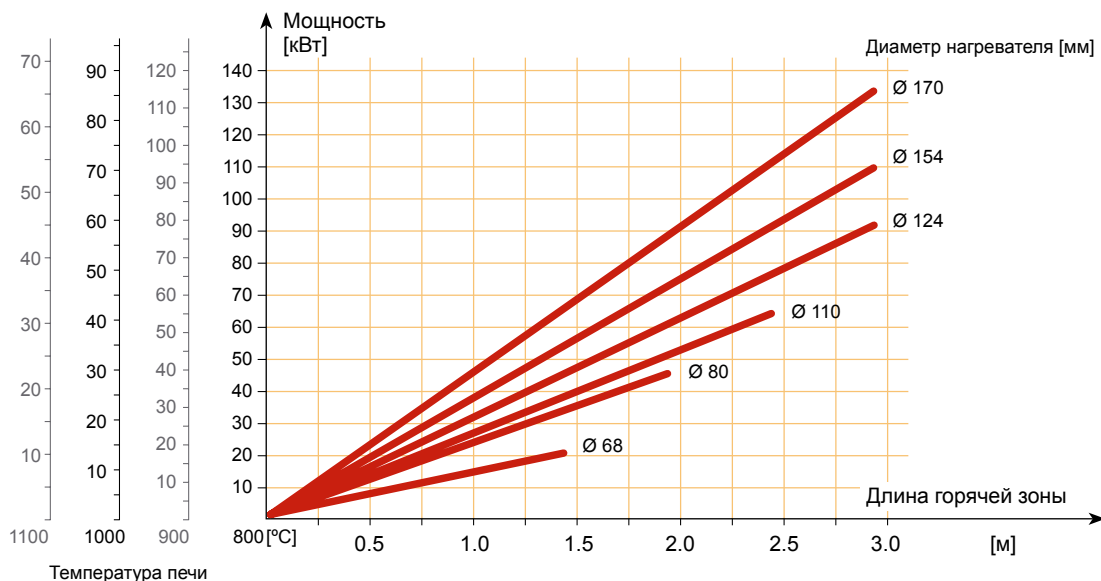


Рис. 13 Максимальная расчётная мощность для всех стандартных диаметров при различных температурах

## Расчетная мощность

Элементы TUBOTHAL работают при гораздо больших нагрузках, чем стандартные конструкции для радиационных труб. Например, один элемент TUBOTHAL может заменить до трех обыкновенных нагревателей. 27 нагревательных элементов в алюминиевом миксере были заменены 9 сборками TUBOTHAL, что привело к существенной экономии в эксплуатации и установке.

В других случаях мощность уже существующих печей повышается, что позволяет увеличить ее эффективность и серьезно экономить капитальные затраты.

Рис. 13 иллюстрирует расчетные мощности для элементов стандартных диаметров при различных температурах печи. При температуре печи 800°C, двухметровый элемент диаметром 154 мм способен рассеивать максимально 75 кВт, а при 1100°C – 36 кВт.

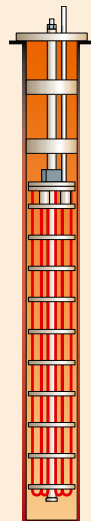
## Электропитание

Хотя отдельные элементы, как правило, работают при более низком напряжении, чем в сети, группы соединенных последовательно элементов могут быть подключены к сети напрямую, без трансформатора.

Заметного старения элементов из сплава АПМ не наблюдается, поэтому изменяемого напряжения не требуется. Может быть использован метод включения/выключения, но использование тиристорного управления дает лучшие результаты по поддержанию устойчивой температуры печи.

## Преимущества нагревателей Kanthal TUBOTHAL

- Высокая мощность
- Продолжительный срок службы
- Нет необходимости в частом обслуживании
- Медленное старение
- Низкий вес
- Низкая термическая масса
- Простота при монтаже в существующую печь
- Большинство KANTHAL PM труб предназначенных для нагревателей TUBOTHAL можно использовать в газовых печах



Системы TUBOTHAL для вертикальной и горизонтальной установки

# Нагревательные элементы Kanthal GLOBALAR – универсальность и надёжность

Для карбидокремниевых (КК) нагревательных элементов Kanthal GLOBALAR SD не требуются какие-либо опоры, поскольку они остаются твердыми при высоких температурах. Кроме того, КК элементы могут работать в различных атмосферах и устанавливаться прямо в печь без защиты с помощью радиационных труб.

Несмотря на вышеизложенное, в некоторых случаях лучше воспользоваться радиационными трубами в качестве кожухов, а именно при:

- Повреждении элементов по механическим причинам
- Воздействии на элементы агрессивных соединений рабочей атмосферы
- Сложности герметизации печи
- Реконструкции других систем радиационных труб

## Основные применения GLOBALAR – АРМ и АРМТ трубы

Обычно КК элементы защищаются радиационными трубами в отражательных печах для алюминия, в установках литья под давлением и под низким давлением, периодических и непрерывных печах термообработки, печах сжигания промышленных отходов. Во всех этих установках КК элементы могут успешно работать и без радиационных труб, но там, где продолжительность работы элемента может быть сильно уменьшена вследствие условий в печи, радиационные трубы АРМ являются идеальным средством увеличения срока службы.

Другая серьезная область применения в непрерывных печах отжига и непрерывного цинкования стальной ленты, где было установлено несколько сот U-образных КК элементов KANTHAL, время работы составило более 10 лет.

KANTHAL производит широкий спектр КК элементов, с односторонними и двусторонними выводами. В общем случае, элементы с двусторонними выводами значительно более экономичны в отношении стоимости киловатта, причем могут достигаться колоссальные мощности,

порядка 100 кВт/м<sup>2</sup> при относительно небольших радиационных трубах. Низкая термическая масса повышает управляемость и температурный отклик систем и уменьшает стоимость монтажного оборудования внутри печи.

KANTHAL АРМ – единственный материал для радиационных труб, который в состоянии выдержать те высокие мощности, которые развивают КК элементы, а устойчивость к химическому воздействию, возможность работать при высоких температурах, прочная оксидная пленка делают его идеальным партнером для эффективных систем нагрева на базе радиационных труб.

Использование труб АРМ особенно выгодно в печах с защитными атмосферами, упрощая герметизацию выводов элементов и позволяя соединениям работать в хорошо проветриваемых условиях. Также появляется возможность замены элемента без остановки печи и без риска попадания воздуха в рабочее пространство и разбавления защитной атмосферы.

## Широкий диапазон системы GLOBALAR – трубы АРМ

Нагревательные элементы GLOBALAR (КК) доступны в широком диапазоне с подключением с одной или с двух сторон. В основном двухстороннее подключение является экономически более выгодным решением. КК элементы могут работать при нагрузке вплоть до 15 кВт/см<sup>2</sup>, но в большинстве применениях рекомендуется 6–10 кВт/см<sup>2</sup>.

Трубы KANTHAL РМ являются лучшей защитой для нагревателей КК. Они защищают от химических воздействий благодаря прочному оксидному слою на поверхности трубы. Система GLOBALAR-труба АРМ – недорогая система с низким весом.

### **Kanthal GLOBAL SD в сквозных трубах АРМ**

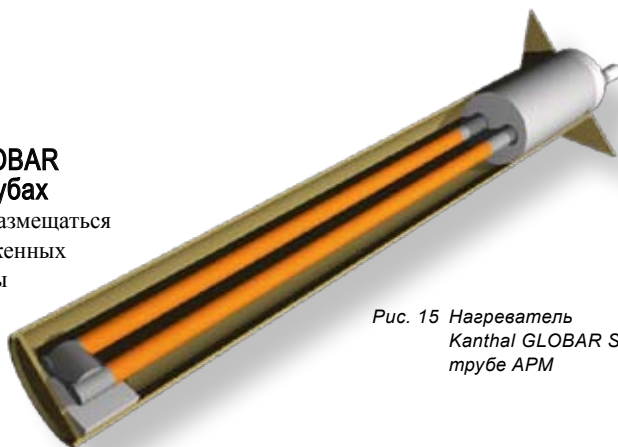
Элементы Kanthal GLOBAL SD могут быть установлены как в вертикальные, так и в горизонтальные радиационные трубы. Элементы устанавливаются с помощью керамических или втулок из фиброволокна с каждого конца трубы, могут прилагаться поддерживающие приспособления для установки элементов вертикально. Использование малых диаметров, неглухих труб вместе с элементами Kanthal GLOBAL SD предлагает очень низкую цену за киловатт по сравнению с другими системами.



*Рис. 14 Нагреватель Kanthal GLOBAL SD установлен в трубу АРМ*

### **U-образные элементы Kanthal GLOBAL SDU в закрытых радиационных трубах**

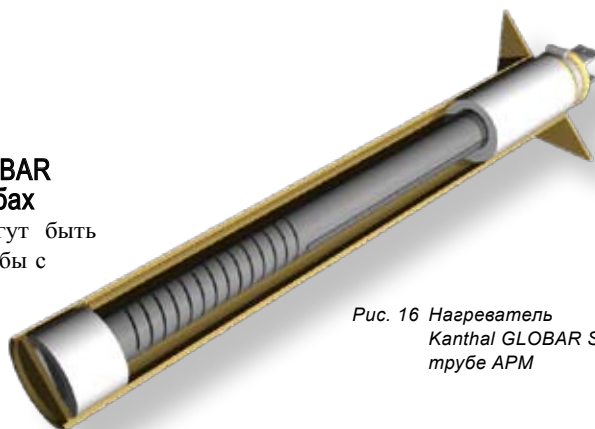
U-образные КК элементы Кантал могут размещаться в горизонтально и вертикально расположенных радиационных трубах. Элементы центрируются керамическими либо волокнистыми блоками у конца трубы. Необходима также опора под мостик для горизонтально установленных элементов, но под горячую зону никаких опор не требуется.



*Рис. 15 Нагреватель Kanthal GLOBAL SDU в трубе АРМ*

### **Спиральные элементы Kanthal GLOBAL SGR в закрытых радиационных трубах**

Нагреватели GLOBAL SGR также могут быть установлены в глухие радиационные трубы с электрическим подсоединением с одной стороны. SGR элементы фиксируются на втулках из фиброволокна.



*Рис. 16 Нагреватель Kanthal GLOBAL SGR в трубе АРМ*

# Нагревательные элементы KANTHAL Super – чрезвычайно продолжительный срок службы.

Элементы KANTHAL Super используются в комбинации с радиационными трубами вот уже 15 лет, как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. KANTHAL APM трубы стали естественным выбором среди металлических труб благодаря прекрасным жаростойким свойствам материала, способностью выдерживать высокую мощность, сопротивлению технологическим газам, используемым в большинстве термообработывающих печей.

Как известно, KANTHAL Super работает без защитных труб во многих применениях. Однако, в некоторых случаях, есть преимущество в установке элементов в радиационные трубы, а именно:

- Когда необходимо поддерживать элементы (при горизонтальной установке)
- Когда атмосфера печи очень агрессивна
- Когда требуется менять элементы, не прерывая процесса
- Когда элементы должны быть защищены от механических повреждений

## Непрерывный режим работы

Большинство печей, оборудованных комбинацией KANTHAL Super и трубами KANTHAL APM работают в непрерывном режиме, установлены горизонтально и широко используются в процессах термообработки стали и в машиностроении.

Элементы KANTHAL Super могут монтироваться и вертикально, по одному или по два в трубе. В таком случае необходимо установить только одну или две опоры, предназначенные для центрирования элементов и предотвращения контакта со стенкой трубы. Этот тип установки применяется в закрытых печах закаливания, печах науглероживания, работающих в атмосферах с высоким углеродным потенциалом, где ожидается весьма высокая продолжительность работы элементов, поскольку на них не будет образовываться слой углерода, который может привести к короткому замыканию.



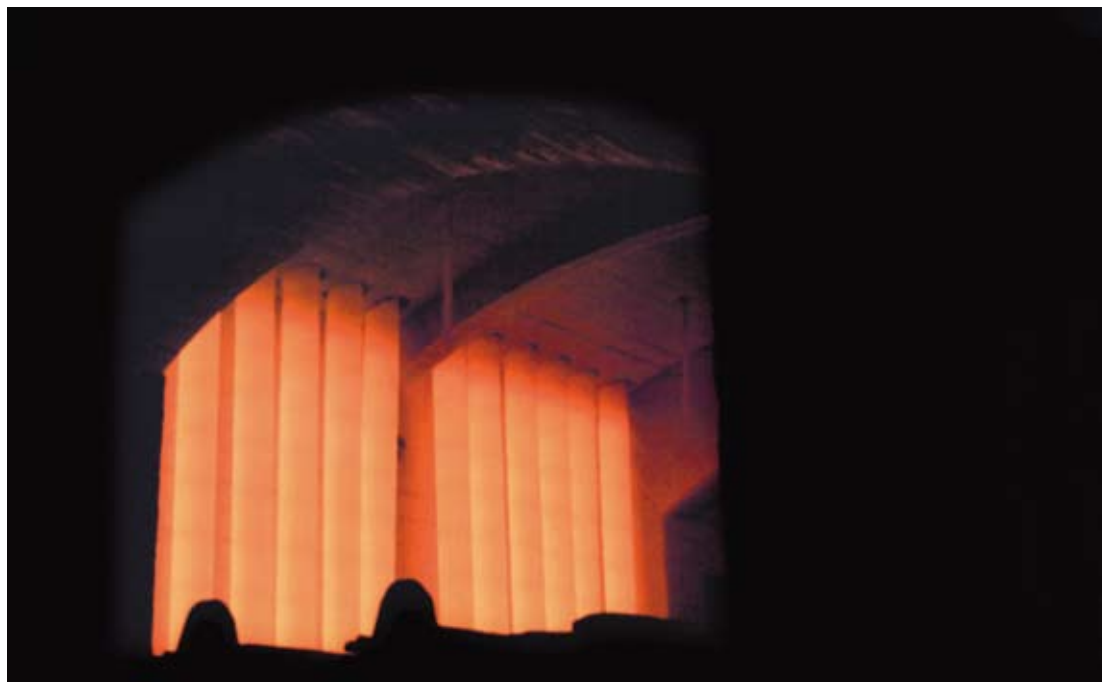
Нагреватели KANTHAL Super в трубах PM



## Особенности и преимущества систем

Продолжительный опыт использования элементов KANTHAL Super в радиационных трубах обозначил следующие особенности и удобства использования таких систем:

- Высокая мощность
- Надежная установка
- Большая продолжительность работы элемента – было отмечено более 10 лет
- Небольшие малые затраты на обслуживание элементов
- Низкий вес элемента уменьшает механическое напряжение на трубе
- Отсутствие старения, нет необходимости подбора элементов
- Легкость замены элемента без прерывания работы
- Равномерное распределение температуры в трубе



# Новые области применения

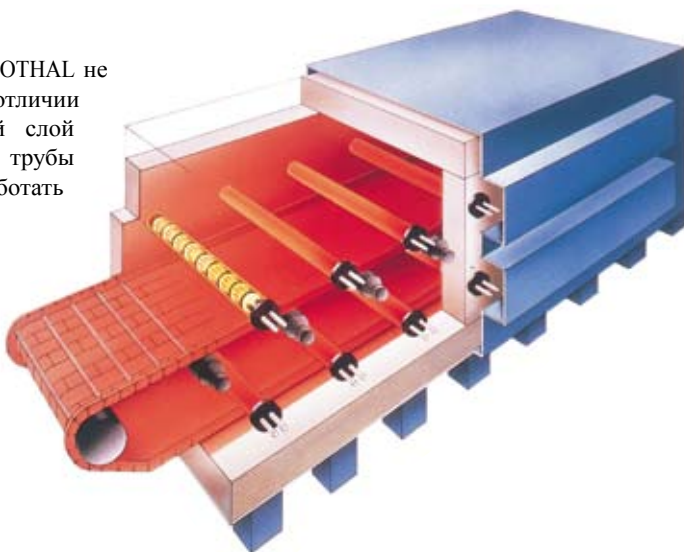
Сочетание хорошей прочности в горячем состоянии, превосходных жаростойких свойств и более высокая рабочая температура по сравнению с жаропрочными трубами позволяет расширить диапазон использования РМ труб.

## Процессы тепловой обработки

### Печи закалки, цементации и отпуска

Трубы KANTHAL РМ и элементы TUBOTHAL не нуждаются в частом обслуживании в отличие от жаропрочных систем. Оксидный слой создаваемый алюминием защищает трубы от науглероживания, что позволяет работать

на максимальной мощности без риска выхода из строя защитной трубы РМ. Переоснастка печей на использование РМ труб очень проста, а как результат – высокая производительность и продолжительный срок службы.



### Высокотемпературная цементация

Цементация как правило проводится при 930°C, но с нагревателями TUBOTHAL возможно увеличить температуру до 1050°C и тем самым увеличить производительность до 30%. TUBOTHAL – фактически единственные нагреватели способные

работать на повышенных температурах. Атмосфера печи – эндотермическая с высоким углеродным потенциалом на участке цементации – не является проблемой для труб РМ.

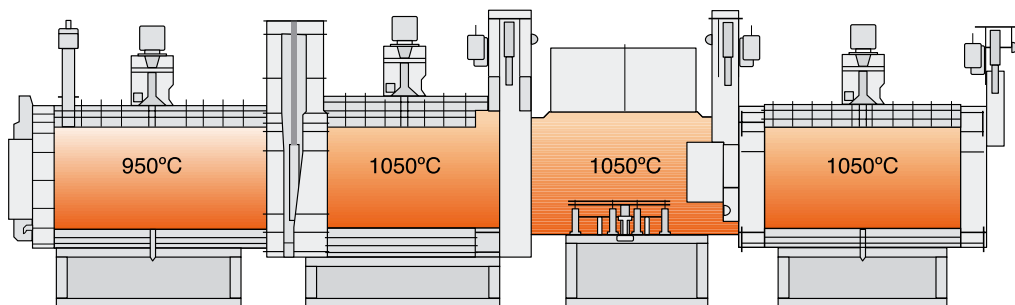
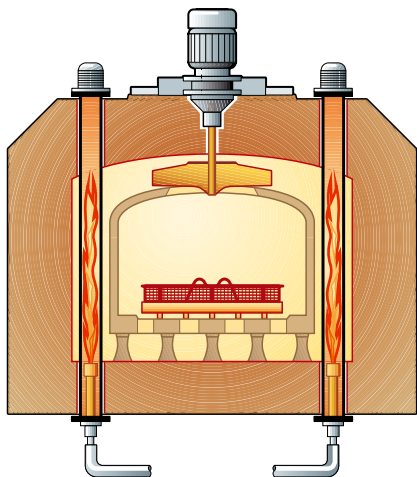


Схема типичной линии состоящей из 4-х зон. В 1-й зоне нагрев до 950°C, во 2-й зоне нагрев до 1050°C, 3-я зона – цементация при 1050°C и 4-я зона диффузии при 1050°C.

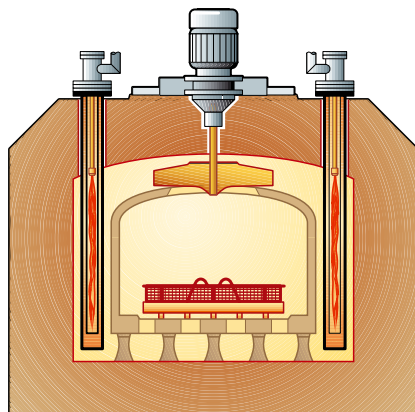
## Камерные печи химико-термической обработки и закаливания

Свойство труб АРМ противостоять науглероживанию идеально для камерных печей. Увеличение ваттной нагрузки и температуры позволяет повысить производительность печи

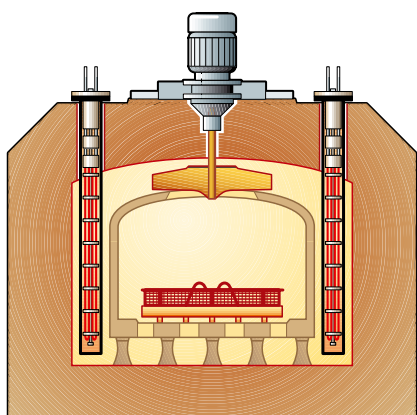
Кантал предлагает полный диапазон для нагрева: газовые трубы с внутренней трубой или без, трубы, нагреваемые элементами TUBOTHAL или KANTHAL Super.



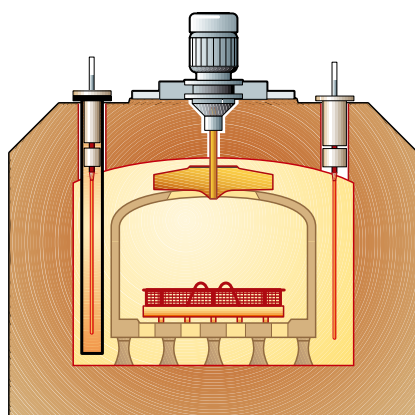
Газовый нагрев в сквозных трубах



Газовый нагрев в тупиковых трубах – SER системы



Электрический нагрев – TUBOTHAL

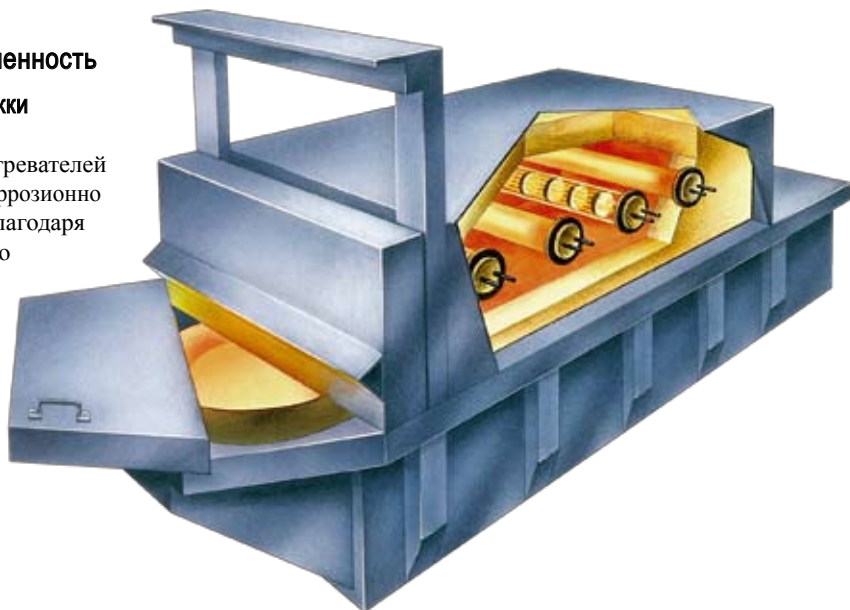


Электрический нагрев – KANTHAL Super и GLOBAR

## Цветная металлургия Алюминиевая промышленность

### Печи для плавки и выдержки алюминия

Высокая мощность нагревателей TUBOTHAL в сочетании с коррозионно стойкими трубами благодаря прочному оксидному слою – основной аргумент использования РМ труб в печах для плавки и выдержки алюминия. Срок службы может достигать до 3-х лет при условии отсутствия брызг и соблюдения рекомендаций.



### Раздаточная печь

Карбидокремниевые нагревательные элементы (КК) Kanthal GLOBAR как правило используются без защитных труб. Однако применение защитных труб РМ даёт некоторые преимущества. Окалина и шлак как правило удаляются вручную с риском сломать элементы и загрязнить печь. РМ трубы защитят нагревательные элементы и позволят значительно увеличить временной интервал между ППР.



### Другие области применения

Литьё под давлением.

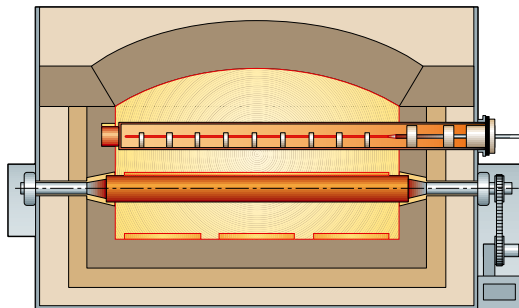
Фильтры для очистки алюминия.

Плавка и выдержка магния.

## Сталелитейное производство

### Линия непрерывного отжига и линии цинкования

Надежность – отличительная черта технологических процессов, где большая продолжительность работы труб АРМ означает безотказное производство. Нагревательные элементы, будь то TUBOTHAL, Kanthal GLOBAL или KANTHAL Super, легко заменяются снаружи печи, без прекращения работы. Основное преимущество, однако, в более высокой производительности в сочетании с высокими ваттными нагрузками на трубах.

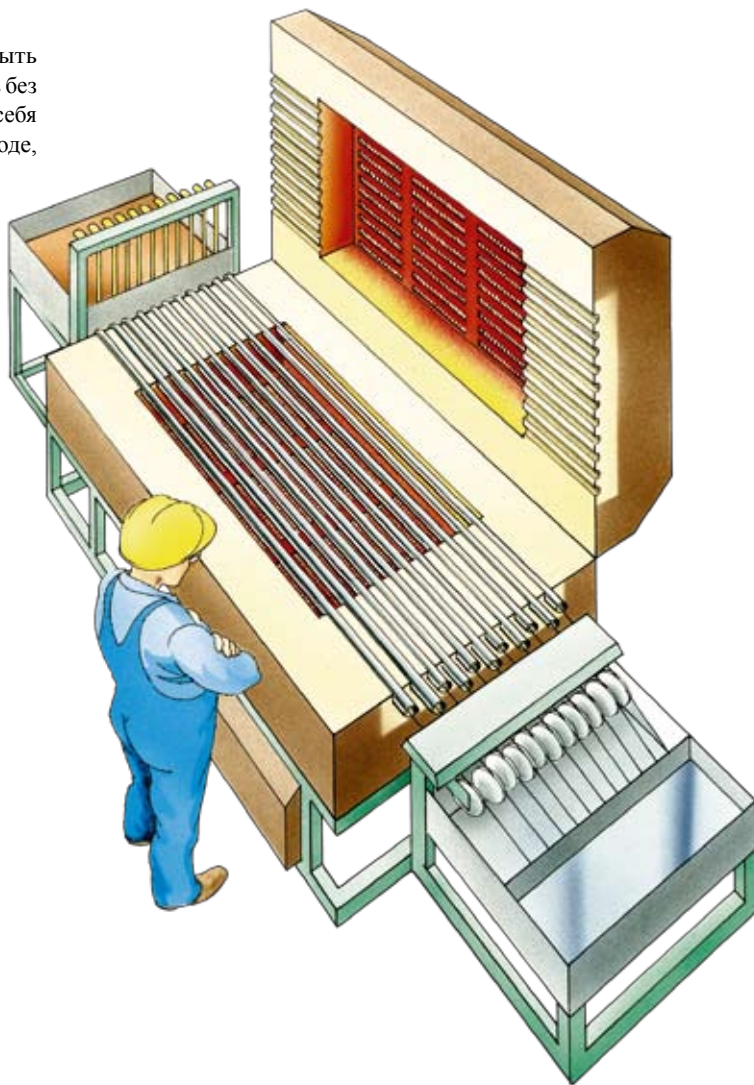


*Установка РМ труб и нагревателей TUBOTHAL в линию непрерывного отжига*



### Конвейерный отжиг

KANTHAL PM трубы могут быть произведены длиной до 13 метров без применения сварки. Они хорошо себя зарекомендовали в чистом водороде, где жаропрочные трубы выходят из строя вследствие образования окалины при высокой температуре. Возможность использования PM труб при высокой температуре даёт высокую производительность.



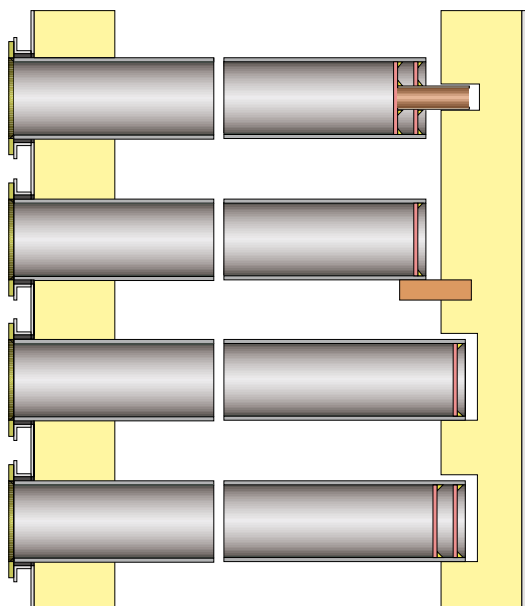
# Рекомендации по проектированию и монтажу

Способ установки труб является ключевым фактором в достижении продолжительного срока службы. Рекомендации о том как поддерживать трубы зависят от многих факторов, таких как температура, размеры трубы, неподдерживаемая длина, общий вес и др.

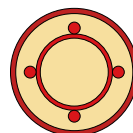
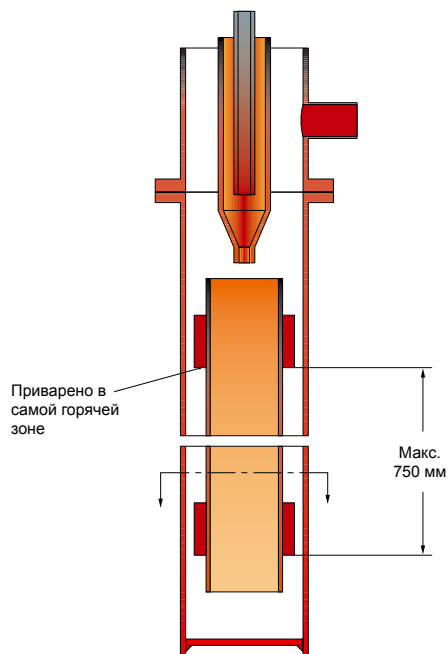
Поддерживающие приспособления должны быть достаточного размера для того чтобы распределить вес и уменьшить риск вмятин/прогиба.

При использовании теплоизоляционных материалов имеется риск местного перегрева вследствие экранирующего эффекта в зоне контакта. Данный участок следует тщательно продумывать.

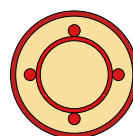
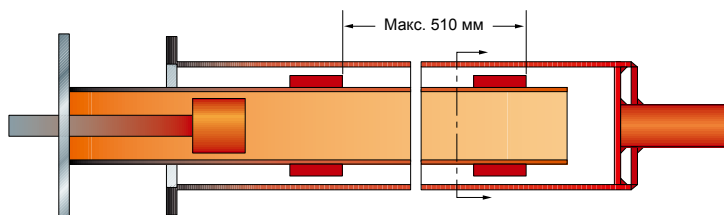
Поддерживающие приспособления должны быть разработаны таким образом, чтобы распространение тепла не было ограничено.



Эскизы различных типов поддержки за счёт двух стен

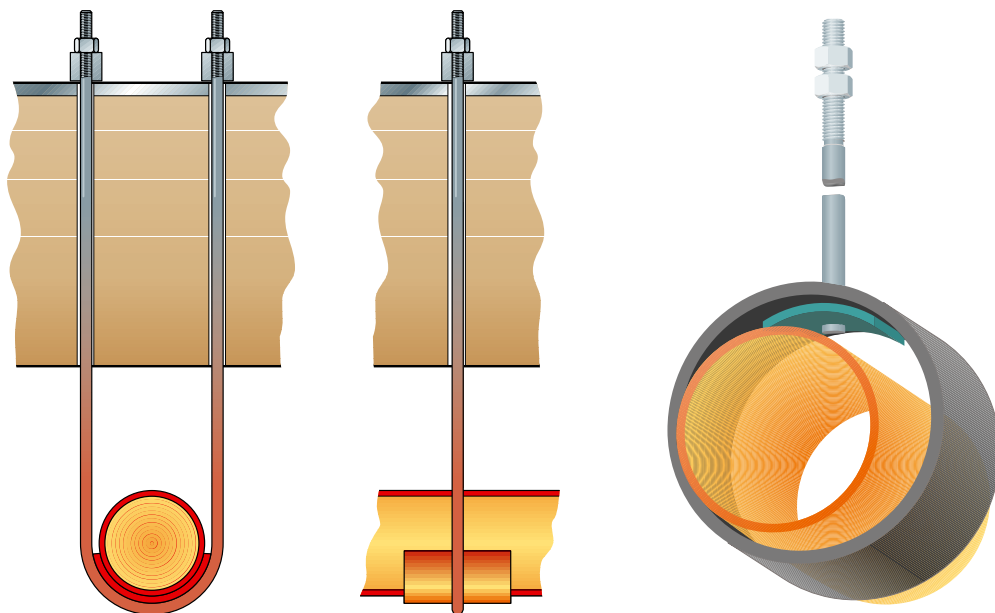


S.E.R система установленная вертикально



S.E.R система установленная горизонтально

Нижепредставленные подвески очень часто используются для уменьшения неподдерживаемой длины трубы и механических напряжений на трубе.



*Типы подвесок используемых при монтаже длинных труб*



# Защитные трубы РМ для термопар и газоанализаторов

Металлические защитные трубы KANTHAL изготавливаются из жаропрочного сплава KANTHAL РМ и применяются как защитные трубы для термопар и газоанализаторов с максимально возможной рабочей температурой до 1250°C.

Наиболее распространёнными внешними диаметрами труб являются 26.67, 33.4 и 40 мм.

Преимущества при использовании защитных труб KANTHAL РМ следующие:

- Устойчивость при температурах, на 150–300°C выше, чем для других типов металлических защитных труб.
- Высокая устойчивость к серосодержащим атмосферам и к науглероживанию
- Высокая жаропрочность материала делает возможным изготавливать тонкостенные трубы с большой продолжительностью работы. Тонкие стенки быстрее проводят тепло, что означает высокую чувствительность к колебаниям температуры.
- Слой оксида алюминия на защитной трубе обладает минимальной тенденцией к отслоению, что означает отсутствие загрязнения.
- Отсутствие риска короткого замыкания вследствие минимального осыпания оксидной плёнки. По сравнению с оксидом хрома, оксид алюминия электрически непроводящий материал.

Защитные чехлы (трубы) поставляются с приваренным днищем с одной стороны и резьбой с другой стороны трубы.

## Размеры труб и резьбы

Ø26.67 × 2.87 мм	¾" BSP*
Ø33.4 × 3.38 мм	1" BSP*
Ø40 × 3 мм	1 ¼" BSP*

\*-британская трубная коническая резьба

# Номенклатура выпускаемых труб

Внешний Ø [мм]	Толщина стенки трубы, [мм]	Вес трубы АРМ [кг/м]	Вес трубы АРМТ [кг/м]	Макс. длина [м]	Выпускаемые размеры АРМ труб	Выпускаемые размеры АРМТ труб
26,67	2,87	1,52		13,0	•	
33,4	3,38	2,26		13,0	•	
33,7	6,0	3,71		10,5	•	
40	3,0	2,48		13,0	•	
50,8	6,35	6,30	6,39	7,0	•	•
60,33	3,91	4,92		8,0	•	
64	4,0	5,35	5,43	7,0	•	•
75	4,5	7,08	7,19	12,0	•	•
83	5,0	8,70	8,83	12,0	•	•
89	5,5	10,2	10,4	12,0	•	•
100	5,0	10,6	10,8	11,5	•	•
109	5,0	11,6		10,0	•	
115	5,5	13,4	13,6	8,0	•	•
128	5,5	15,0		12,0	•	
146	6,0	18,7		9,5	•	
154	6,0	19,8	20,1	8,0	•	•
164	6,0	21,2		7,0	•	
178	8,0	30,3		6,5	•	
198	9,0	37,9		5,0	•	

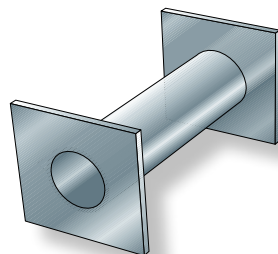
## Допуски

Для труб с внешним диаметром ≤ 50 мм

Внешний Ø	± 1,5%, мин ± 0,75 мм
Толщина стенки	± 15%, мин ± 0,6 мм
Прямолинейность	Макс. изгиб 3 мм/1000 мм

Для труб с внешним диаметром > 50 мм

Внешний Ø	± 1%
Толщина стенки	± 15%
Прямолинейность	Макс. изгиб 3 мм/1000 мм



*РМ трубы также успешно используются в качестве муфтелей в печах обжига и туннельных печах с ленточным конвейером*



# Офисы продаж и технической поддержки Kanthal по всему миру

## EUROPE

### Bulgaria

Kanthal Representative Office  
SOFIA  
Phone +359 2 870 4297  
Fax +359 2 297 14813

### 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 Mining and Construction Oy -  
Kanthal  
VANTAA  
Phone +358 20 544 121  
Fax +358 20 544 5199

### 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 02 307 051  
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-ISTANBUL  
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

Kanthal China (Shanghai office)  
%o Sandvik Int. Trading Co., Ltd.  
SHANGHAI  
Phone +86 21 5869 8969  
Fax +86 21 5869 6155

### Hong Kong

Kanthal Electroheat HK Ltd.  
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 6 477 3742  
Fax +65 6 477 3744

## South Korea

Kanthal in Korea  
%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 2735 888  
Fax +64 9 2735 899

## 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](http://www.kanthal.com)