

## Кольца контроля температуры (PTCR)

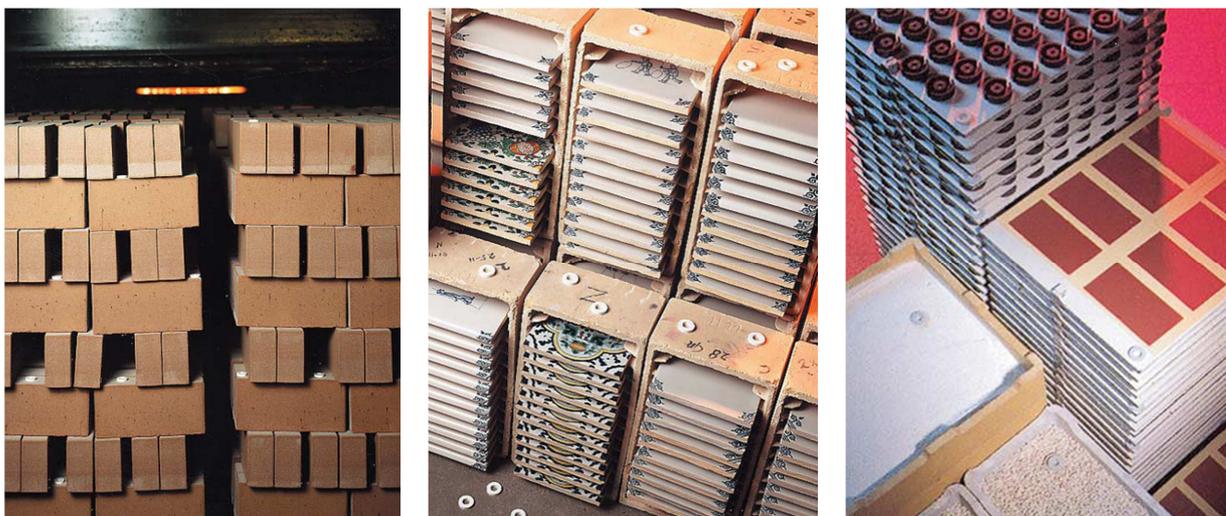
Повышение качества и снижение затрат за счет улучшения контроля температуры обжига.

### Контроль процесса обжига

При производстве керамической продукции важно точно контролировать процесс обжига. Результаты контроля имеют прямое влияние на качество конечного продукта. Оптимальное управление процессом обжига требует не только точного измерения количества тепла (например, измерение температуры, в течение долгого времени, образца с постоянной массой и свойствами), а также возможность контролировать температуру и ее равномерное распределение по всему пространству печи. Эффективный процесс измерения температуры является ключом к высокому качеству продукта.

Большинство обычных измерений температуры имеют границы их применимости, например, термические элементы, которые часто используются в керамической промышленности, не измеряют температуру самого продукта, а только около него. Кроме того они измеряют только тепловое излучение и не учитывают, сколько тепла поглощается через контакт с футеровкой печи.

Более совершенным методом измерения поглощаемого количества тепла, является использование керамических колец.



### Принцип функционирования

Кольца контроля температуры (PТС-кольца) являются очень точными керамическими индикаторами фактически поглощаемого количества тепла. PТС-кольца фиксируют тепловое излучение в печи, а так же теплопроводность по футеровке в течение всего цикла обжига.

Передаваемая на кольцо тепловая энергия прямо пропорциональна температуре плавления:

$$Q \sim \Delta T * t$$

В процессе спекания кольцо уменьшается и продолжает сокращаться, пока сохраняется максимальная температура. Эта так называемая усадка пропорциональна температуре плавления:

$$\frac{\Delta L}{L_0} \sim F(T) * t$$

$\Delta L$  - изменение диаметра в результате плавления,  $L_0$  = диаметр перед плавлением,  $t$  = время цикла обжига. Функция  $F(T)$  включает, помимо абсолютной температуры так же специфические и геометрические факторы. Градус усадки почти нулевой, в течение всего периода использования.

Комбинация двух формул показывает, что величина сокращения кольца прямо пропорциональна общей сумме поглощенной теплоты:

$$\frac{\Delta L}{L_0} \sim Q$$

Степень усадки, т.е. уменьшение диаметра кольца, измеряется аналоговым или цифровым микрометром. Таким образом, общая поглощенная теплота преобразовывается в измеряемую величину - «Температура кольца». Строго говоря, это не «температура», а зависящая от времени и температуры величина. Температура кольца не показывает максимальную температуру обжига и не соответствует действительной температуре в печи, так как кольцо сохраняет поглощаемую теплоту в течение всего времени.

### Пересчет в температуру кольца.

Измеренный диаметр кольца, с помощью таблицы, преобразуется в температуру кольца. Каждая преобразовательная таблица предназначена для определенной партии одного типа колец. Температура кольца это практическая единица измерения для целей сравнения. Например, можно сравнить измеренную величину тепла со стандартами и произвести коррекцию.

Для того чтобы сделать сравнение разных циклов обжига нужно определить стандарт. Это достигается путем проведения серии обжигов с кольцами. Результаты необходимо сравнить с качеством продукции. Температура кольца, полученная при правильном обжиге продукции, может быть взята за эталон.

### Преимущества

Первоначально кольца контроля температуры были разработаны для критических процессов обжига в электронных керамических печах. Сегодня преимущества этого простого и точного измерения используются в различных отраслях промышленности.

РТС-кольца могут быть использованы в мобильных и туннельных печах с различными средами. В случае использования колец в вакууме, ограниченной воздушной среде или азоте обращайтесь к нашим специалистам.

Есть 5 видов колец, толщиной 3,5мм (обозначение L) и 7мм (обозначение H) с внешним диаметром 20 мм и внутренним 10 мм, которые используются в диапазоне от 850°C до 1750°C. Виды колец обозначены цветовой кодировкой, номером партии и типом.



### Размещение

РТС-кольца могут быть размещены в любом месте печи, на футеровке, изделии и т.д. Рекомендуется размещение в нескольких местах и на нескольких уровнях, так как это даст возможность получения полного представления о распределении температуры в печи.

## Измерение

Усадка кольца отражает количество тепла, поглощенного на месте измерения в процессе обжига. Диаметр легко определяется микрометром. Достаточно одного замера (см. рисунок). Правильное расположение кольца в микрометре есть залогом точности измерения. Кольцо с гравировкой «Т» должно быть четко расположено в засечке микрометра.



Аналоговые и цифровые микрометры имеют эргономичную базу с устройством, которое обеспечивает правильное позиционирование кольца. Такая конструкция упрощает процесс измерения и повышает воспроизведение результатов измерений.

## Контрольные кольца для измерения температуры (PTCR)

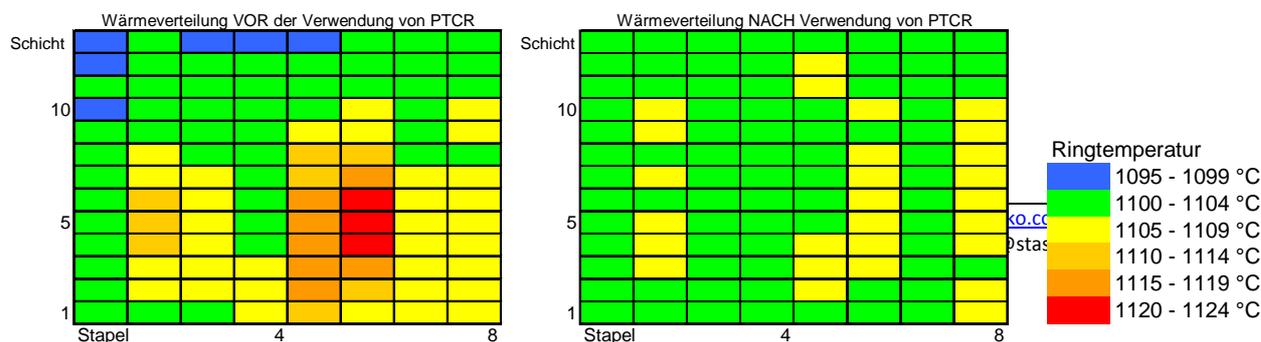
Температурный диапазон	Название продукта	Сфера применения
850 - 1100 °C	PTCR-ETH	Низкая температура, обжиг керамики, кирпичи, черепицы
	PTCR-ETL	
970 - 1250 °C	PTCR-LTH	Спекание керамики и порошков, керамика, кирпичи, черепица, Для низкотемпературной, огнеупорной футеровки
	PTCR-LTL	
1130 - 1400 °C	PTCR-STH	Одно и многослойные конденсаторы, ферриты и диэлектрики, порошки для литья, керамическая сантехника, посуда и плитка, шлифовальные круги, для футеровки со средней температурой.
	PTCR-STL	
1340 - 1520 °C	PTCR-MTH	Ферриты, основные материалы и изоляторы, плитка, твердый фарфор, техническая керамика, для футеровки со средней и высокой температурой.
	PTCR-MTL	
1450 - 1750 °C	PTCR-HTH	Промышленная керамика, техническая керамика, для футеровки со средней и высокой температурой.
	PTCR-HTL	
Размеры колец: внешний диаметр - 20 мм; внутренний диаметр - 10 мм; высота - 7.0 мм (H) или 3,5 мм (L)		

## Оптимизация процесса обжига

Для того чтобы определить распределение тепла, горячих и холодных зон в печи, необходимо произвести измерение температуры распределенных в печи колец.

Процесс обжига может быть оптимизирован в соответствующих местах в зависимости от изменения температуры колец. Правило гласит, что один градус температуры кольца соответствует одному градусу Цельсия. Точное соотношение между температурой кольца и действительной температурой зависит от конкретного цикла обжига в печи.

Изображенный ниже рисунок показывает два варианта распределения теплоты в одной и той же 15м<sup>3</sup> - печи. Первый рисунок сделан до использования колец, второй после



## **Процесс контроля обжига**

Со временем в печи могут появиться более холодные более горячие места, что может быть обусловлено старением нагревающих элементов или же частой сменой циклов обжига. РТС-кольца облегчают контроль процесса обжига и помогают своевременно обнаружить отклонения, прежде чем они повлияют на качество продукции. Сравнивая текущую температуру колец со стандартной можно принять решение об увеличении или же уменьшении температуры обжига.

На критических местах рекомендуется размещение нескольких колец.

## **Контроль качества и рекомендации по экономии**

Наряду с улучшением качества посредством оптимизированного процесса обжига, РТСР-кольца позволяют сэкономить производственные затраты. Простое сравнение температуры колец со стандартами дает понять, правильно ли производится обжиг. Таким образом, можно ограничить дорогостоящий и занимающий много времени контроль качества, разрушающие тесты, замеры, проверку на герметичность и пористость.

## **Качество**

РТС-кольца имеют высокую точность и надежность. Максимальное отклонение составляет только 3° температуры кольца. Эта надежность основана на тщательном процессе производства. РТС-кольца изготавливаются из смеси высококачественного сырья. Их состав был оптимизирован через всестороннее тестирование, а сам процесс производства контролируется с помощью статистического управления процессами. Продукция сертифицирована в соответствии с ISO 9001:2008. Ferro уделяет большое внимание качеству РТС-колец – так как только качество колец имеет прямое влияние на качество продукции.

Все сырье проходит строгий входной контроль. Порошки гомогенизируются, и каждая партия нумеруется, и снова перепроверяются, для определения физических свойств и пластичности. В каждом кольце есть номер партии, так что, как правило, можно проследить, из какого сырья изготовлены данные кольца. Уникальный подход Ferro делает ненужным для пользователя калибровку стандартов при смене партий. Всегда обеспечена абсолютная точность - так как каждое кольцо указано в таблице преобразования.

Точность и простота использования РТС-колец позволит сосредоточиться на самом продукте, а не на регулировании температуры.