

PTCR MANUAL

PTCR HANDBUCH

English Version – Page 2

Deutsche Version – Seite 8

In this manual we want to provide useful hints and application advice for the use of Process Temperature Control Rings PTCR.

Index

- 1. What is a PTCR?.....Page 1
- 2. How does a PTCR work?.....Page 1
- 3. Which PTCR types are available?Page 1
- 4. When to apply PTCR?.....Page 2
- 5. Application.....Page 2
 - 5.1 General application advice.....Page 2
 - 5.2 First time usage.....Page 3
 - 5.3 The PTCR Micrometer.....Page 3
 - 5.4 The temperature conversion table.....Page 3
 - 5.5 Interpretation of the ring temperature.....Page 3
 - 5.6 Different atmospheres.....Page 3
 - 5.7 Pre-treatment of PTCR.....Page 4
- 6. FAQ.....Page 4

1. What is a PTCR?

A PTCR is a ceramic device that registers the total amount of heat transferred to it. Because of the advanced technique and materials applied and used for this product, it gives a fair representation of the real heating process taking place in a kiln at the location of the ring. PTCR helps to achieve a reliable, outstanding and regular quality level.

The actual set temperature of a kiln during a firing process, as measured by thermocouples, does not give any guarantee of the repeatability of process conditions which of course will harm the quality of the products. A thermocouple merely gives a specific spot temperature, which is not the same temperature as the one at the position of the product. The ultimate temperature of the product is determined by the total transferred heat. This is not measured by the thermocouple. Besides, the same set temperature in different kilns or kiln layouts does not guarantee the same heat treatment.

The PTCR has been developed to give a better representation of the firing processes to allow a tight control of the real amount of heat transferred, taking into account the above described influences.

The **PTCR measures the total heat** transferred to the ring, by means of conduction, convection and radiation. It takes into account different firing conditions that may occur in a kiln such as heat sinks, temperature gradients, gas flow, heat transfer coefficient, time, kiln setting, etc. Because of total heat measurement, the repeatability of the process is assured and thus so quality level of the product.



2. How does a PTCR work?

The PTCR is a ceramic ring which shrinks if it is exposed to heat. The degree of shrinkage depends on the actual temperature in the kiln, the heat transfer properties of the kiln and the time it is exposed to the heat treatment. The amount of contraction - the amount by which the ring diameter has shrunk - is measured with a numerical or digital micrometer.

For ease and for comparison, this shrinkage - and therefore the total absorbed heat quantity - is translated into a single, fictitious conversion parameter the so-called „ring temperature“ (RT). Basically, this is not a „temperature“, but a parameter that depends on time and temperature. The RT does for example not reflect the maximum temperature of the firing process, and does not correspond to the real kiln temperature, because the PTCR accumulates the absorbed heat quantity over time.

The measured shrinkage is converted by means of a chart into a Ring Temperature (RT) which is an effective temperature that describes the total amount of heat absorbed by the ring and also by the products. The observed ring temperature is an effective temperature for the total firing cycle, which has neither direct relation to the absolute temperature in degrees Celsius, Fahrenheit or Kelvin nor any direct relation with the set temperature. The PTCR temperature reading is further influenced by the top temperature hold time (soak time). At a constant temperature the PTCR will continue to shrink, leading to a higher RT reading. There is a maximum to the hold time, during which the ring will continue to shrink. The maximum hold time, which is typically between 0.5 and 10 hours, depends on the type of ring used and the actual temperature compared to the temperature range of the ring under consideration. The max. hold time for ZTH rings is 2 hours. Using the PTCR beyond this maximum hold time may lead to erroneous results, because the PTCR ceases to shrink further on a certain moment.

3. Which types of PTCR are available?

There are seven different ring types, each in 3.5 mm (named L) and 7 mm thickness (named H) with an outer diameter of 20 mm and an inner diameter of 10 mm. They cover a temperature range from 560°C to 1750°C. The ring types are colour coded, with batch number and type embossed.

PTCR type	Temperature range (from – to)
ZTH	560°C - 660°C
UTH	660°C - 900°C
ETH	850°C - 1100°C
LTH	970°C - 1250°C
STH	1130°C - 1400°C
MTH	1340°C - 1520°C
HTH	1450°C - 1750°C

Select a PTCR type whose central temperature spread is nearest to the kiln’s peak firing temperature. PTCR are most sensitive to temperature changes in the central temperature range rather than at the extreme ends. If the maximum temperature is within the limit range of two ring types, the selection falls according to the holding

PTCR

Technique & Application

time and atmosphere, since both factors also strongly influence the shrinkage of the ring.

4. When to apply PTCR?

Because of its specific properties, PTCR has a wide range of different applications for different purposes. It is a perfect means for the determination and maintenance of the exact heat treatment by the product.

The main application purposes are:

- A) Process control and optimization
- B) Trouble shooting
- C) Yield improvement
- D) Improvement of product quality
- E) Reduction of inspection time and costs
- F) Quality assurance

A) Process control and optimization

The most frequent use of PTCR is in optimizing and managing the firing processes to arrive at the optimal product quality and to assess the thermal performance and characteristics of a kiln.

The way of working is to make a number of runs with different settings of the parameters temperature and time. These runs are characterised by the RT values as determined from the rings. Product quality analysis determines the optimal run and accompanying RT values.

In this way the found Ring Temperature is related to a specific firing process. Once the optimal setting of the process parameters is found, the PTCR is used to control the process and to recognize deviations in time and temperature. In future runs the same RT reading will guarantee the best reproducibility of the firing process.

This method is followed whenever a new product or process has to be introduced, to determine differences in the thermal characteristics of new kilns, or after maintenance of kilns.

B) Trouble shooting

This is one of the traditional applications of PTCR; malfunctioning of (parts of) the equipment. The ring is used to make a mapping of the kiln in RT in order to locate positions with different thermal behaviour.

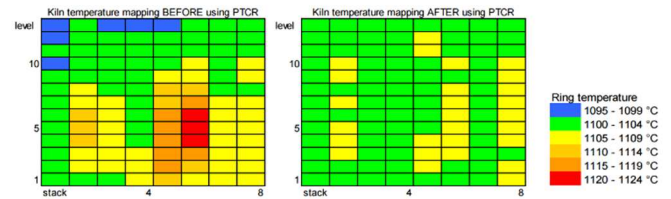
After root cause analysis proper corrective action can be taken to resolve the problem(s) after the problem is solved. PTCR are used to monitor the thermal performance of the kiln to signal the problem. In the case of monitoring the number of rings of course is smaller than during the analysis phase.

The PTCR WEB APP is the ideal supplement for the process temperature control rings PTCR by SCHUPP® Ceramics. The web-based application bundles recording, documentation and evaluation simply and safely - also optimized for mobile end devices.

C) Yield improvement

Once the mapping of the thermal characteristics is available, one has the possibility to further fine-tune the process settings and optimize

the yield. This will also lead to optimization of the energy consumption.



D) Improvement of product quality

Because the process is controlled in a much better way, the scatter in the quality of the products is minimised. This means that the quality control of the products can be reduced as a start and may eventually be reduced further to sampling level only or even abandoned completely. Rework (if applicable) is minimized.

E) Reduction of inspection time and costs

The improved processing will allow the reduction of the number of products that have to be inspected and may finally lead to elimination of the product testing completely. The only thing left is the measurement of the rings to monitor the process. Easy measurement can be done by using the PTCR micrometer which allows only one measurement per ring in order to get a reliable result. In time the sampling rate maybe reduced to a bare minimum, reducing the inspection effort to a minimum, whilst guaranteeing an excellent product quality.

F) Quality Assurance

Process control, as formulated in ISO 9001:2015, nowadays can only be achieved by virtue of the availability of an objective means to monitor and control firing processes. PTCR provides this objective method.

5. PTCR Application

5.1 General application advice

The general procedure during the application is as follows:

Step 1) Placement of the rings in the kiln

Select the rings with the right temperature range. The rings have to be placed at any location in the kiln where a determination of the thermal performance is desired. Rings do not have to be measured before they are put in to place in the kiln because differences are statistically corrected and integrated in the conversion chart. Sticking of the rings is prevented by placing a small amount of aluminum oxide powder or silica powder underneath the ring.

Step 2) Firing process can take place

Step 3) Measurement of the rings

After the firing cycle has been terminated, the ring diameters have to be measured. Make sure that the rings are identifiable regarding their position in the kiln for mapping. Every ring only has to be measured

PTCR

Technique & Application

once, the special PTCR Micrometer ensures an operator independent, reliable and accurate reading of the ring diameter. In order to assure the reliability the diameters have always to be measured between the two T's. Rings from new batches already have a new stamp impressed with predefined measuring points (see following 2 pictures).



Step 4) Conversion of the diameters into RT

The outer ring diameter can be converted into a Ring Temperature (RT) using the conversion table delivered with every new batch of PTCR. The RT value thus obtained is an accurate representation of the total (cumulative) amount of heat transferred to the products during the temperature cycle.

5.2 First time usage

The first time the PTCR is applied, different (trial) runs with different parameter settings have to be made and the resulting products have to be compared to the quality standard. In this way the optimal process settings and RT values are coupled. In a new run, if the RT values are the same, the firing conditions have been the same and the quality of the product is assured.

It has to be emphasized, that RT values do not necessarily compare to absolute temperatures. Because it measures the heat transferred to the ring, a longer soak time at the same top temperature will cause the ring to shrink further, resulting in a higher RT value. However the PTCR allow you to accurately determine differences in the heat treatment both within and between certain kiln loads.

The same measured RT values guarantee the same amount of heat transferred. This means that so exactly the same firing conditions have been applied.

5.3 PTCR Micrometer

The PTCR Micrometer is specially developed for the measurement of the outer diameter of each ring. Because of the unique metal construction on which the Micrometer is attached, each ring has each time exactly the same position. These results in one-time-only measurements while the reliability and accuracy is assured. Other normal Micrometers can be used for the measurement of the diameter, but these results in less accurate and reliable results. Therefore we strongly advise to invest once in the official PTCR Micrometer.

5.4 The temperature conversion table

The shrinkage of the diameter of the ring has to be converted in to the Ring Temperature (RT). This table is updated for every batch of rings to be delivered which means that both the product and the conversion table have a unique relation.

By this re-calibration, all possible effects caused by differences in raw material(s) and deviations of green (zero hour) diameter value are compensated for. This ensures the reading of the shrinkage always to result in the same RT value and thus eliminating batch to batch differences for PTCR. This is one of the reasons why the repeatability and reproducibility of the RT readings is very high. It is important to keep in mind that mixing up of tables and PTCR batches leads to false readings of the RT value

M.E.SCHUPP Industrikeramik GmbH & Co. KG
Neuhäuserstraße 4-10
52078 Aachen / Germany
Customer Service Desk
Phone : +49 (0) 241 93677-0
Fax : +49 (0) 241 93677-15

SCHUPP
simply high temperature technology

TEMPERATURE-TABLE for PTCR
Higher quality products and lower costs through improved, reliable firing control

Type PTCR - UTH		Schupp no.		Temperature Range °C		Ring Colour		Dimensions	
		1400024		650 - 950°C		Yellow		ø 20 x 10 x 7,0 mm	
Ring dia- meter	Ring tem- perature	Ring dia- meter	Ring tem- perature	Ring dia- meter	Ring tem- perature	Ring dia- meter	Ring tem- perature	Ring dia- meter	Ring tem- perature
mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C
18,19	809*	18,20	809*	18,21	768*	18,22	729*	18,23	716*
18,12	808*	18,13	807*	18,14	827*	18,15	786*	18,16	747*
18,13	807*	18,14	806*	18,15	826*	18,16	785*	18,17	746*
18,14	806*	18,15	805*	18,16	825*	18,17	784*	18,18	745*
18,15	805*	18,16	804*	18,17	824*	18,18	783*	18,19	744*
18,16	804*	18,17	803*	18,18	823*	18,19	782*	18,20	743*
18,17	803*	18,18	802*	18,19	822*	18,20	781*	18,21	742*
18,18	802*	18,19	801*	18,20	821*	18,21	780*	18,22	741*
18,19	801*	18,20	800*	18,21	820*	18,22	779*	18,23	740*
18,20	800*	18,21	799*	18,22	819*	18,23	778*	18,24	739*
18,21	799*	18,22	798*	18,23	818*	18,24	777*	18,25	738*
18,22	798*	18,23	797*	18,24	817*	18,25	776*	18,26	737*
18,23	797*	18,24	796*	18,25	816*	18,26	775*	18,27	736*
18,24	796*	18,25	795*	18,26	815*	18,27	774*	18,28	735*
18,25	795*	18,26	794*	18,27	814*	18,28	773*	18,29	734*
18,26	794*	18,27	793*	18,28	813*	18,29	772*	18,30	733*
18,27	793*	18,28	792*	18,29	812*	18,30	771*	18,31	732*
18,28	792*	18,29	791*	18,30	811*	18,31	770*	18,32	731*
18,29	791*	18,30	790*	18,31	810*	18,32	769*	18,33	730*
18,30	790*	18,31	789*	18,32	809*	18,33	768*	18,34	729*
18,31	789*	18,32	788*	18,33	808*	18,34	767*	18,35	728*
18,32	788*	18,33	787*	18,34	807*	18,35	766*	18,36	727*
18,33	787*	18,34	786*	18,35	806*	18,36	765*	18,37	726*
18,34	786*	18,35	785*	18,36	805*	18,37	764*	18,38	725*
18,35	785*	18,36	784*	18,37	804*	18,38	763*	18,39	724*
18,36	784*	18,37	783*	18,38	803*	18,39	762*	18,40	723*
18,37	783*	18,38	782*	18,39	802*	18,40	761*	18,41	722*
18,38	782*	18,39	781*	18,40	801*	18,41	760*	18,42	721*
18,39	781*	18,40	780*	18,41	800*	18,42	759*	18,43	720*
18,40	780*	18,41	779*	18,42	799*	18,43	758*	18,44	719*
18,41	779*	18,42	778*	18,43	798*	18,44	757*	18,45	718*
18,42	778*	18,43	777*	18,44	797*	18,45	756*	18,46	717*
18,43	777*	18,44	776*	18,45	796*	18,46	755*	18,47	716*
18,44	776*	18,45	775*	18,46	795*	18,47	754*	18,48	715*
18,45	775*	18,46	774*	18,47	794*	18,48	753*	18,49	714*
18,46	774*	18,47	773*	18,48	793*	18,49	752*	18,50	713*
18,47	773*	18,48	772*	18,49	792*	18,50	751*	18,51	712*
18,48	772*	18,49	771*	18,50	791*	18,51	750*	18,52	711*
18,49	771*	18,50	770*	18,51	790*	18,52	749*	18,53	710*
18,50	770*	18,51	769*	18,52	789*	18,53	748*	18,54	709*
18,51	769*	18,52	768*	18,53	788*	18,54	747*	18,55	708*
18,52	768*	18,53	767*	18,54	787*	18,55	746*	18,56	707*
18,53	767*	18,54	766*	18,55	786*	18,56	745*	18,57	706*
18,54	766*	18,55	765*	18,56	785*	18,57	744*	18,58	705*
18,55	765*	18,56	764*	18,57	784*	18,58	743*	18,59	704*
18,56	764*	18,57	763*	18,58	783*	18,59	742*	18,60	703*
18,57	763*	18,58	762*	18,59	782*	18,60	741*	18,61	702*
18,58	762*	18,59	761*	18,60	781*	18,61	740*	18,62	701*
18,59	761*	18,60	760*	18,61	780*	18,62	739*	18,63	700*

Powder Batch # : 005 Batch approved
Date : 04.11.2016 Quality Inspection :

Example of a temperature conversion table

5.5 Interpretation of the ring temperature

The main purpose of PTCR is to ensure the repeatability of the firing process and to ensure in this way the constant quality level of the different kiln loads. The Ring Temperature (RT) represents the total amount of heat transferred to the products and thus a constant RT value ensures firing conditions to be identical. The importance of the PTCR is to provide an accurate determination of DIFFERENCES in total heat transferred and to monitor any deviation in the processing conditions. The RT reading has not necessarily a direct relation to the

PTCR

Technique & Application

absolute temperature. Under certain conditions RT readings may be related to the absolute temperature scales.

The best approximations are obtained by applying a ramp up speed of 120 °C/hour and a top temperature hold time (soak time) of 1 hour.

5.6 Different atmospheres

The PTCR originally has been developed for use in heating processes in air. However the ring may be applied under different atmospheric conditions as well provided some rules are taken into account. We advise clients to contact our customer service desk in case of using the rings for firing processes under reductive or vacuum circumstances. In this way the specific advice can be given in order to get optimal results.

As a general rule it can be stated that, under vacuum conditions and reductive atmospheres like N2/H2 mixtures, the rings have to be pre-treated to burn out the organic binder system of the ring completely. If this is not done properly, the organic material will not disappear as CO₂, but will decompose to carbon. This carbon, left behind in the ring, will inhibit the shrinkage of the ring, resulting in a lower RT reading than expected. Under vacuum conditions, the carbon may even precipitate on the kiln wall and contaminate the kiln.

In addition to that, under vacuum the RT reading will be lower than expected, because the heat transfer mechanism lacks the contribution of convection.

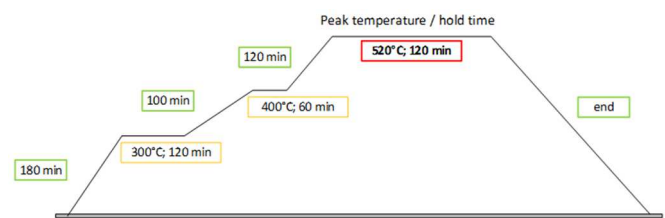
It is known that PTCR absorb carbon when used in a carbonising atmosphere. The carbon migrates through the ring and will inhibit the shrinkage significantly. It has to be determined by trial and error, to assess whether sufficient shrinkage capability is left to allow an accurate determination of the change in the outer ring diameter.

5.7 Pre-firing / -treatment of PTCR

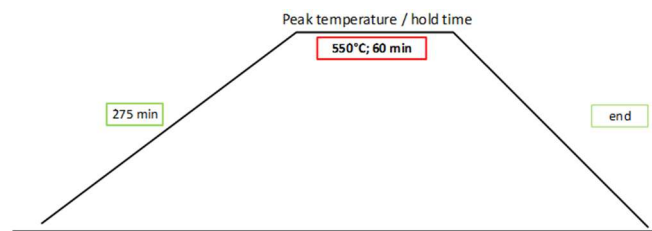
As mentioned under point 5.6 of this manual, it is absolutely necessary to pre-fire PTCR under specific requirements before using it e.g. under reducing atmospheres or vacuum.

PTCR MTH and HTH are already pre-treated and do not need to be pre-treated again! Would you like to pre-fire PTCR yourself, please use the following ring specific pre-firing parameters:

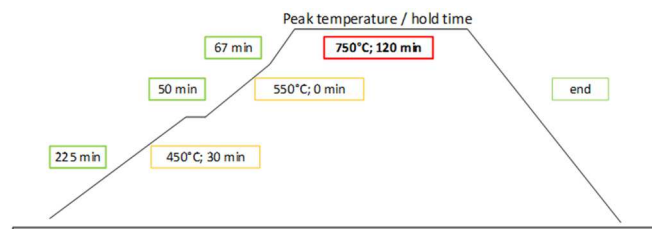
5.7.1 Firing curve for PTCR ZTH



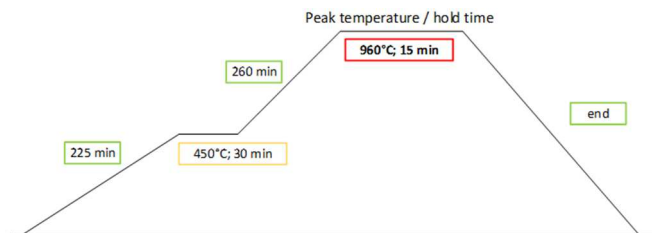
5.7.2 Firing curve for PTCR UTH



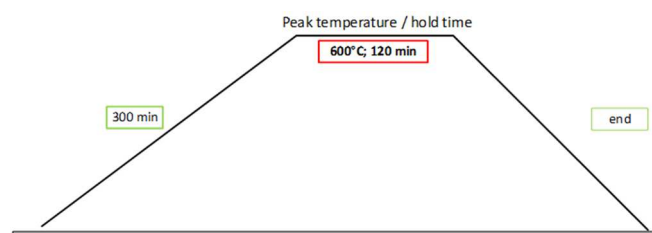
5.7.3 Firing curve for PTCR ETH



5.7.4 Firing curve for PTCR LTH



5.7.5 Firing curve for PTCR STH



We will gladly manage the pre-firing process for you. Please feel free to contact us!

6. FAQ – Frequently Asked Questions

1. What is a PTCR?

PTCR is a ceramic device, which measures the total heat transferred during a firing cycle. It is not a temperature indicator in the same sense as a thermocouple, it is an energy meter. The indicated Ring Temperature is a standard that has to be the same by rehearsed firing processes under the same conditions. In this way the stability of the process and quality of the products is assured.

2. What is the advantage of PTCR in comparison to thermocouples?

PTCR measures the thermal conditions at the same place where the product is located. It measures heat instead of a spot temperature. So it measures the true important parameter for a firing process: the total amount of heat applied to the product.

3. Why is the temperature reading from the PTCR different from the set temperature?

The PTCR measures heat and the reading depends on the set temperature in the kiln and the time the PTCR is exposed to heat.

4. What is the difference between PTCR and its main competitors?

The PTCR allows a numerical determination of the kiln performance and is one of the most reliable products of its kind available on the market. It assures the reproducibility of the heat treatment applied to the product and so it's quality.

5. Why is the temperature reading in R(ing) T(emperature) instead of Celsius or Fahrenheit?

Since the ceramic temperature indicator measures heat instead of temperature, the RT reading has no direct relation to the absolute temperature in Celsius or Fahrenheit. Only after taking into account both time and set temperature, a relation between RT value and the Celsius or Fahrenheit scale can be determined.

6. Can PTCR be used in every atmosphere?

In principle yes. However in case of reducing atmospheres or vacuum conditions, PTCR ZTH, UTH, ETH, LTH and STH versions of PTCR have to be pre-treated in air (see point 5.7). PTCR MTH and HTH are already pre-treated as a standard. After this pre-treatment the PTCR will maintain its full capability without any exception. We advise to contact our customer service desk before using the PTCR in these conditions.

7. Is the performance of the PTCR influenced by the atmospheric conditions?

Yes, the actual atmospheric conditions have an influence on the rate of contraction of the ring. This leads to a RT reading, which may differ from the expected value, e.g. it may be lower. This however has no influence on the reproducibility of the reading, which will still assure the firing conditions to be within the process limits.

8. Do I need to pre-treat all PTCR types before using it under reducing atmospheres or vacuum?

PTCR MTH and HTH are already pre-treated as a standard. These ring types do not need to be pre-treated again.

9. How is the performance of PTCR affected by the soak time?

The PTCR will continue to contract as long as it is exposed to heat. Effectively this means that at a constant set temperature, the RT reading will be higher, the longer the soak time is. The best approximations are obtained by applying a ramp up speed of 120

°C/hour and a top temperature hold time (soak time) of 1 hour. For a hold times of more than 1 hour please ask for the correction graph. If you work with extreme short or extreme long soak times, please contact our technical service staff. The maximum hold time for ZTH rings is 2 hours.

10. Do I have to adjust my kiln setting once I apply a new batch of PTCR?

No, provided the table delivered with a new batch is used, no changes to the settings are necessary. Every new batch of PTCR is factory (re)calibrated to assure the same RT reading under the same kiln conditions.

11. Is there any influence of the material of the supports used?

Yes, it is known that "reactive" support material like e.g. carbon strongly inhibits the performance of ceramic temperature indicators. The support should be of a non reactive material, like ZrO₂, Al₂O₃, SiN etc.

12. Has the temperature ramp-up any influence on the PTCR performance?

Yes it does, because the PTCR registers the cumulative amount of heat absorbed. A long ramp-up time will result in a higher RT reading than a fast temperature ramp-up.

13. Do I need the micrometer to perform the measurements?

To ensure a correct determination of the contraction of the ring, it is of vital importance, that the ring is positioned correctly during the measurement of the ring diameter after the firing cycle is completed. The special measuring device is the best assurance of a correct "fool proof" RT reading. The PTCR Micrometer is available with USB port. With a special USB cable you can connect the PTCR Micrometer to a computer or laptop and transfer the measuring result at the touch of a button. There is no special software required!

14. Why do different batches yield different ring temperatures and how are these differences compensated for?

Batches differ, there is no question about that and there is no avoiding that. The reason for this is that the materials used to manufacture the rings differ from batch to batch. There are differences in composition, grain size distribution and so on, which affect the shrinkage of the rings made with these materials. So even though the same recipe is used with every batch, there will be small but significant differences. This will be minimized in future due to the usage of synthetically raw materials.

To compensate for these differences a calibration of each batch by firing rings from the new batch together with rings from the reference batch in their standard conditions can be done. Usually slightly different diameters are found. The diameter from the reference rings gives the actual (RT) temperature.

The diameter from the rings of the new batch is correlated to this temperature. This process is repeated 8 times, each time at a different set temperature, covering the entire temperature range of the rings. This results in 8 diameters, which correlate to 8 actual temperatures.

PTCR

Technique & Application

A curve is fitted through these 8 points, which is used to make the new table. For the standard conditions the differences in shrinkage between the new batch and the reference batch now have been compensated for.

Firing under different conditions (different curve, different atmosphere, etc.) might not have exactly the same effect on rings from different batches. When this is the case, the compensation introduced must be altered in order to achieve the exact same ring temperature with different batches of rings. This is not a bad thing. It is just a modification of the calibration to suit a specific firing process. Theoretically, the rings should be re-calibrated for each process every time a new batch is used. As a service to customers a "standard" compensation, which works very well for most processes can be provided.

Occasionally, differences between batches when fired with a specific firing process get too great or a customer wants the highest possible degree of accuracy. The customer then has to calibrate the new batch of rings himself.

15. Is there any expiration date for PTCR?

No! PTCR is a ceramic material and can be stored without limitation.

16. What are the perfects storage conditions for PTCR?

PTCR should be stored dry and protected against collision - preferably in original packaging.

17. What is new with ZTH?

The ZTH ring is ideal for fast firing processes; oxidizing, inert, vacuum as well as reducing atmospheres. For fast firing processes and non-oxidizing atmospheres, the rings must be heat treated in air before applying. A special ramp is available on request.

ZTH rings are produced of 100 % synthetically and sensitive raw materials. Due to this fact the rings reacts very sensitively and accurate to even smallest temperature changes. Handling with care is mandatory. The rings measures exactly the peak temperature applied during thermal processes in a wide range of soaking times; 5 minutes up to 120 minutes.

The information and statements contained herein are provided free of charge. They are believed to be accurate at time of publication, but SCHUPP® Ceramics makes no warranty with respect thereto, including but not limited to any results to be obtained or the infringement of any proprietary rights. Use or application of such information or statements is at user's sole discretion, without any liability on SCHUPP® Ceramics part. Nothing herein shall be construed as a license of or recommendation for use that infringes upon any proprietary rights. All sales are subject to SCHUPP® Ceramics General Business Conditions for deliveries and services.

In diesem Handbuch möchten wir Ihnen nützliche Tipps und Anwendungshinweise für die Nutzung der Prozess-Temperatur-Kontrollringe PTCR geben.

Inhalt

1. Was ist ein PTCR?	Seite 1
2. Wie funktioniert der PTCR?.....	Seite 1
3. Welche Ringtypen gibt es?	Seite 1
4. Wofür werden PTCR verwendet?	Seite 2
5. Handhabung der PTCR.....	Seite 2
5.1 Vorgehensweise.....	Seite 2
5.2 Erste Anwendung.....	Seite 3
5.3 Referenztemperaturtabelle.....	Seite 3
5.4 PTCR Mikrometer.....	Seite 3
5.5 Interpretation der Messergebnisse.....	Seite 3
5.6 Einfluss der Atmosphäre.....	Seite 3
5.7 Vorbrennen der PTCR	Seite 4
6. FAQ.....	Seite 4

1. Was ist ein PTCR?

Ein PTCR ist ein keramisches Werkzeug, das die Aufzeichnung von Prozesswärme erlaubt. Dank ausgefeilter Technik und der Verwendung hochwertiger Werkstoffe kann der PTCR den tatsächlichen Wärmeeintrag an der Stelle, an der er im Ofen platziert wird, erfassen. Die Verwendung von PTCR ermöglicht sowohl die Bestimmung des Temperaturfeldes eines Ofens, als auch eine Gewährleistung eines nachhaltigen und gesicherten Qualitätsstandards.

Erfasst man die Ofentemperatur über ein lokal angebrachtes Thermoelement, so hat man weder Gewissheit über die Homogenität des Temperaturfeldes, noch über die Reproduzierbarkeit einzelner Ofengänge. Thermoelemente erfassen die Temperatur an einer einzigen Position und geben keine Auskunft über die Temperatur an der Position des Werkstücks, die letztendlich entscheidend ist. Diese wird maßgeblich durch die eingetragene Wärmeenergie beeinflusst und kann nicht durch ein Thermoelement erfasst werden. Zudem wird der Wärmeeintrag bei gleicher nomineller Ofentemperatur für verschiedene Bestückungen bzw. unterschiedliche Ofenfahrten abweichen.

Um die im vorherigen Absatz aufgezählten Randbedingungen bei der Messung der Temperatur, bzw. des Wärmeeintrags berücksichtigen zu können, wurde der PTCR entwickelt.



Ein PTCR zeichnet den Wärmeeintrag an der entsprechenden Stelle auf, unabhängig ob dieser durch Wärmeleitung, -strahlung oder -konvektion eingebracht wird. Dabei werden Einflüsse verschiedener Phänomene berücksichtigt, die in einem Ofen auftreten und anhand von Thermoelementen nicht ausreichend erfasst werden können, wie z.B. Wärmesenken, Temperaturgradienten, Gasströme, Wärmeübergangskoeffizienten, Haltezeiten, Ofeneinstellungen, etc. Bedingt durch die Aufzeichnung der real eingetragenen Wärme kann anhand von PTCR eine größtmögliche Reproduzierbarkeit von Thermoprozessen gewährleistet werden und somit ein entsprechender Qualitätsstandard.

2. Wie funktioniert der PTCR?

Der PTCR ist ein keramischer Ring, der proportional zum Wärmeeintrag schrumpft. Der Grad der Schrumpfung ist abhängig vom Verlauf der Ofentemperatur, den Wärmeleitungsbedingungen und der Verweildauer im Ofen.

Die Schrumpfung kann anhand von Tabellen mit einer Ringtemperatur (RT) korreliert werden. Die RT gibt einen Temperaturreferenzwert an und entspricht der in den Ring und somit in das Bauteil eingetragenen Wärme. Die so bestimmte RT ist eine nominelle Temperatur für den gesamten Wärmeprozess und kann weder mit einer absoluten Temperatur in Celsius, Fahrenheit oder Kelvin, noch mit der eingestellten Ofentemperatur korreliert werden.

Die Haltezeit bei maximaler Temperatur muss ebenfalls berücksichtigt werden. Verweilt der PTCR bei einer konstanten Temperatur, so wird dieser kontinuierlich schrumpfen und die Referenztemperatur mit der Haltezeit ansteigen. Übliche Haltezeiten liegen je nach Ringtyp und Anwendung bei 0,5 bis 10 Stunden. Die maximale Haltezeit für PTCR ZTH liegt bei 120 Minuten. Werden PTCR darüber hinaus verwendet, können fehlerhafte Ergebnissen auftreten, da die Kapazität des Rings erschöpft ist.

3. Welche Ringtypen gibt es?

Insgesamt stehen Ihnen sieben verschiedene Ringtypen für den Temperaturbereich von 560°C bis 1750°C zur Verfügung.

Ringtyp*	Temperaturbereich (von - bis)
ZTH	560°C - 660°C
UTH	660°C - 900°C
ETH	850°C - 1100°C
LTH	970°C - 1250°C
STH	1130°C - 1400°C
MTH	1340°C - 1520°C
HTH	1450°C - 1750°C

*Alle Ringtypen sind alternativ auch in der dünneren L-Variante verfügbar - z.B. ETL 3,5mm statt 7mm hoch.

Die maximale Temperatur Ihres Brenn-/Sinterprozesses sollte ungefähr in der Mitte des Temperaturbereiches liegen, welchen der Ringtyp abdeckt. Im mittleren Temperaturbereich reagieren die Ringe deutlich sensibler als im äußeren Temperaturbereich. Liegt die maximale Prozesstemperatur im Grenzbereich zweier Ringtypen, fällt die Auswahl unter Berücksichtigung der Prozessbedingungen wie z.B. der Haltezeit und Atmosphäre, da beide Faktoren die Schwindung

PTCR

Funktion & Anwendung

des Ringes ebenfalls stark beeinflussen. Hier empfehlen wir Kontakt zu uns aufzunehmen.

4. Wofür werden PTCR verwendet?

PTCR hat einen weit gefächerten Einsatzbereich. Dank der einfachen und unkomplizierten Handhabung und den vergleichsweise geringen Kosten dient PTCR als perfektes Werkzeug zur Einstellung, Sicherung und Dokumentation von thermischen Prozessen.

Die wesentlichen Anwendungen sind:

- A) Prozesskontrolle und -optimierung
- B) Fehlersuche und Problembehandlung
- C) Leistungssteigerung
- D) Steigerung der Produktqualität
- E) Reduzierung des QS-Aufwandes
- F) Qualitätssicherung

A) Prozesskontrolle und -optimierung

Üblicherweise wird der PTCR zur Optimierung und Einstellung von Wärmebehandlungen jeglicher Art eingesetzt. Dabei können lokale Wärmeleistung und Charakteristika des Ofens abgeschätzt und die Qualität der behandelten Produkte gesichert werden.

Hierzu werden für eine zu optimierende Anwendung zunächst einige Testläufe unter Veränderung von nomineller Temperatur und Haltezeit durchgeführt. Diesen Testläufen kann nun eine Referenztemperatur (RT) zugeordnet werden, die wiederum einem speziellen Ofengang entspricht.

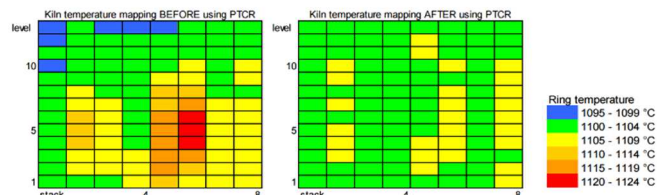
Sind die optimalen Parameter der Wärmebehandlung einmal definiert, so gewährleistet eine konstante RT bei zukünftigen Ofengängen eine bestmögliche Reproduzierbarkeit des Prozesses. Abweichungen bei Temperatur, Haltezeit oder Wärmeeintrag werden durch eine abweichende Referenztemperatur angezeigt. Der Vorgang der Prozesskalibrierung sollte individuell angepasst und bei einem Ofenwechsel oder nach einer Wartung wiederholt werden.

B) Fehlersuche und Problembehandlung

Der PTCR lässt sich hervorragend zur Fehlersuche einsetzen. Um Abweichungen im Temperaturfeld des Ofens zu lokalisieren werden mehrere PTCR an unterschiedlichen Positionen des Ofens platziert. Abweichungen in der Referenztemperatur deuten somit auf Abweichungen im Temperatur-, bzw. Wärmefeld des Ofens hin. Die kontinuierliche Dokumentation der Homogenität des Temperaturfeldes erfordert selbstverständlich einen geringeren Einsatz an PTCR als die Fehlersuche selbst. Zur Dokumentation bietet SCHUPP für seine Kunden eine kostenfreie PTCR WEB APP an.

C) Leistungssteigerung

Ist das Temperaturfeld des Ofens erstmals bekannt, kann eine Feinabstimmung des Prozesses nicht nur die Wärmebehandlung des Produktes verbessern, sondern auch den Energieeinsatz nachhaltig verringern.



D) Steigerung der Produktqualität

Der Produktionsausschuss kann dank präziser Kontrolle des Prozesses minimiert und der Qualitätsstandard gesteigert werden. Eine anschließende Qualitätskontrolle kann bei abgesicherter Prozessführung mit und mit reduziert werden, wodurch ebenfalls Kosten eingespart werden.

E) Reduzierung des QS-Aufwandes

Die verbesserte Prozessführung erlaubt die Reduzierung des Aufwandes bei der Qualitätssicherung bis hin zur vollständigen Einstellung der Produktkontrolle. Lediglich die abschließende Vermessung der PTCR zur Absicherung der Reproduzierbarkeit der einzelnen Ofengänge bleibt übrig. Mit dem PTCR Mikrometer lässt sich der exakte Durchmesser des Rings präzise und schnell anhand einer einzigen Messung bestimmen. Mit der Zeit kann die Anzahl der Stichprobenkontrollen auf ein Minimum reduziert werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung des QS-Aufwandes bei stets repräsentativen Messergebnissen und einer gesicherten Produktqualität.

F) Qualitätssicherung

Nach ISO 9001:2015 kann eine nachhaltige Qualitätskontrolle nur anhand objektiver Messverfahren zur Dokumentation und Kontrolle der Wärmebehandlung gewährleistet werden. PTCR erfüllt diese Anforderungen.

5. PTCR Handhabung

5.1 Vorgehensweise

Im Folgenden wird die Vorgehensweise bei der Verwendung von PTCR im Einzelnen näher erläutert:

Schritt 1) Platzierung der PTCR im Ofen

Zunächst muss die geeignete PTCR-Art in Bezug auf die Einsatztemperatur gewählt werden. Nun werden die PTCR an jenen Stellen im Ofen platziert, deren Wärmecharakteristik erfasst werden soll. Eine Vermessung der einzelnen PTCR vor dem Einsatz ist nicht notwendig, da kleine Abweichungen statistisch abgesichert sind und in der anschließenden Korrelation mit einer Referenztemperatur berücksichtigt werden. Ein mögliches Anhaften der PTCR während des Brennvorganges kann vermieden werden, indem der Ring auf einer kleinen Menge Aluminiumoxid-Pulver oder einer Al_2O_3 -Platte platziert wird.

Schritt 2) Starten des Brennvorganges

Nach exakter Platzierung an der gewünschten Stelle im Ofen folgt nun der individuelle Brennvorgang.

Schritt 3) Vermessung der PTCR

PTCR

Funktion & Anwendung

Nach abgeschlossenem Brennvorgang wird der Durchmesser der PTCR vermessen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die einzelnen Ringe einer Position innerhalb des Ofenraums zugeordnet werden können. Jeder PTCR braucht nur ein Mal vermessen zu werden, wobei das originale PTCR Mikrometer eine benutzerunabhängige, verlässliche und korrekte Bestimmung des Durchmessers erlaubt. Um eine bestmögliche Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, sollte stets im Bereich zwischen den beiden eingepressten T's, oder zumindest immer an derselben Stelle gemessen werden. Neuere Chargen enthalten bereits einen neuen Stempel mit vordefinierten Messpunkten (siehe nachfolgende 2 Bilder).



Schritt 4) Umrechnung in RT

Jeder Lieferung PTCR liegt eine chargenspezifische Tabelle bei, die eine Korrelation des Durchmessers mit einer Referenztemperatur erlaubt. Der für die RT bestimmte Wert steht für die aufsummierte Wärmemenge, die während des gesamten Zyklus eingetragen wird.

5.2 Erste Anwendung

Bei der ersten Anwendung von PTCR sind einige Probeläufe notwendig bei denen die erzielten Referenztemperaturen (RT) den jeweiligen Produktqualitäten zugeordnet werden. Somit erhält man zu einem optimierten Prozesslauf eine eindeutig korrelierte Referenztemperatur. Stimmt die ermittelte Referenztemperatur bei zukünftigen Ofengängen überein, so sind auch die Bedingungen innerhalb des Ofens gleich. Auf diese Weise kann eine konstante Produktqualität gesichert werden.

Es ist hervorzuheben, dass die RT-Werte nicht die absolute Temperatur wiedergeben, da mit den PTCR der Wärmeeintrag gemessen wird. Längere Haltezeiten bei konstanter Temperatur führen zu einem kontinuierlichen Schrumpfen des Rings und somit zu einem höheren Wert der RT. Dennoch können Abweichungen in der Wärmeverteilung innerhalb des Ofens, oder zwischen zwei Ofengängen, erfasst werden.

Ein vergleichbarer RT-Wert sichert einen vergleichbaren Wärmeeintrag ab, so dass ein konstanter Ringdurchmesser auf konstante Prozessbedingungen zurückzuführen ist.

5.3 PTCR Mikrometer

Das PTCR Mikrometer wurde speziell zur präzisen Messung des Ringdurchmessers entwickelt. Durch die eigens entworfene Halterung wird eine reproduzierbare Positionierung des PTCR im Mikrometer gewährleistet, so dass die einzelnen Messungen nicht wiederholt werden müssen. Handelsübliche Mikrometer können für die Bestimmung des Durchmessers verwendet werden, wobei ungenauere Ergebnisse erwartet werden. Daher wird empfohlen, einmalig in die Anschaffung des PTCR Mikrometers zu investieren.

5.4 Referenztemperaturtabelle

Der Schwindung des Rings wird mittels einer entsprechenden Tabelle mit einer Referenztemperatur korreliert. Die Tabelle wird individuell für jede produzierte Charge erstellt und kann nicht für andere Chargen verwendet werden.

Schwankungen innerhalb der verwendeten Rohstoffe und Unterschieden in den Grünlingen können dank der individuellen Kalibrierung kompensiert werden. Der für die RT bestimmte Wert wird somit chargenunabhängig und gewährleistet eine nachhaltige Reproduzierbarkeit der PTCR-Messungen. Hierbei ist zu beachten, dass die Verwechslung von chargenspezifischen Tabellen und Ringen zu Abweichungen führen kann.

M.E.SCHUPP Industrikeramik GmbH & Co. KG
 Neuhaustraße 4-10
 52078 Aachen / Germany
 Customer Service Desk
 Phone : +49 (0) 241 93677-0
 Fax : +49 (0) 241 93677-15

SCHUPP
simply high temperature technology

TEMPERATURE-TABLE for PTCR
 Higher quality products and lower costs through improved, reliable firing control

Type PTCR - UTH		1400034		Ring Colour		Yellow	
Schuppe no.		660 - 300°C		Dimension		a 20 x 10 x 7,0 mm	
Ring dia- meter	Ring temper- ature	Ring dia- meter	Ring temper- ature	Ring dia- meter	Ring temper- ature	Ring dia- meter	Ring temper- ature
mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C
19.10	800*	19.08	820*	19.10	760*	19.09	740*
19.11	800*	19.11	820*	19.11	760*	19.10	740*
19.12	800*	19.12	820*	19.12	760*	19.11	740*
19.13	800*	19.13	820*	19.13	760*	19.12	740*
19.14	800*	19.14	820*	19.14	760*	19.13	740*
19.15	800*	19.15	820*	19.15	760*	19.14	740*
19.16	800*	19.16	820*	19.16	760*	19.15	740*
19.17	800*	19.17	820*	19.17	760*	19.16	740*
19.18	800*	19.18	820*	19.18	760*	19.17	740*
19.19	800*	19.19	820*	19.19	760*	19.18	740*
19.20	800*	19.20	820*	19.20	760*	19.19	740*
19.21	800*	19.21	820*	19.21	760*	19.20	740*
19.22	800*	19.22	820*	19.22	760*	19.21	740*
19.23	800*	19.23	820*	19.23	760*	19.22	740*
19.24	800*	19.24	820*	19.24	760*	19.23	740*
19.25	800*	19.25	820*	19.25	760*	19.24	740*
19.26	800*	19.26	820*	19.26	760*	19.25	740*
19.27	800*	19.27	820*	19.27	760*	19.26	740*
19.28	800*	19.28	820*	19.28	760*	19.27	740*
19.29	800*	19.29	820*	19.29	760*	19.28	740*
19.30	800*	19.30	820*	19.30	760*	19.29	740*
19.31	800*	19.31	820*	19.31	760*	19.30	740*
19.32	800*	19.32	820*	19.32	760*	19.31	740*
19.33	800*	19.33	820*	19.33	760*	19.32	740*
19.34	800*	19.34	820*	19.34	760*	19.33	740*
19.35	800*	19.35	820*	19.35	760*	19.34	740*
19.36	800*	19.36	820*	19.36	760*	19.35	740*
19.37	800*	19.37	820*	19.37	760*	19.36	740*
19.38	800*	19.38	820*	19.38	760*	19.37	740*
19.39	800*	19.39	820*	19.39	760*	19.38	740*
19.40	800*	19.40	820*	19.40	760*	19.39	740*
19.41	800*	19.41	820*	19.41	760*	19.40	740*
19.42	800*	19.42	820*	19.42	760*	19.41	740*
19.43	800*	19.43	820*	19.43	760*	19.42	740*
19.44	800*	19.44	820*	19.44	760*	19.43	740*
19.45	800*	19.45	820*	19.45	760*	19.44	740*
19.46	800*	19.46	820*	19.46	760*	19.45	740*
19.47	800*	19.47	820*	19.47	760*	19.46	740*
19.48	800*	19.48	820*	19.48	760*	19.47	740*
19.49	800*	19.49	820*	19.49	760*	19.48	740*
19.50	800*	19.50	820*	19.50	760*	19.49	740*
19.51	800*	19.51	820*	19.51	760*	19.50	740*
19.52	800*	19.52	820*	19.52	760*	19.51	740*
19.53	800*	19.53	820*	19.53	760*	19.52	740*
19.54	800*	19.54	820*	19.54	760*	19.53	740*
19.55	800*	19.55	820*	19.55	760*	19.54	740*
19.56	800*	19.56	820*	19.56	760*	19.55	740*
19.57	800*	19.57	820*	19.57	760*	19.56	740*
19.58	800*	19.58	820*	19.58	760*	19.57	740*
19.59	800*	19.59	820*	19.59	760*	19.58	740*

Powder Batch # : 005 Batch approved
 Date : 04.11.2016 Quality Inspection :

Beispiel einer Temperaturtabelle

5.5 Interpretation der Messergebnisse

Der wesentliche Nutzen der PTCR ist die Absicherung der Reproduzierbarkeit verschiedener Ofengänge und somit die Sicherung der Produktqualität. Die Referenztemperatur (RT) steht für die eingetragene Wärmemenge, so dass bei gleichem RT-Wert zweier Ofengänge gesichert ist, dass die Prozessparameter identisch sind. Abweichungen innerhalb der Prozessbedingungen, oder im Temperaturfeld des Ofens, können somit anhand eines Unterschiedes im Wert der RT erkannt werden. Grundsätzlich kann die Referenztemperatur nicht unmittelbar mit der realen Temperatur korreliert werden. Die bestmögliche Übereinstimmung wird bei einer

Aufheizrate von 120 °C/Stunde und einer Haltezeit bei Höchsttemperatur von 1 Stunde erreicht.

5.6 Einfluss der Atmosphäre

Ursprünglich wurden die PTCR entwickelt um Wärmebehandlungen in Standardatmosphäre (Luft) zu dokumentieren. Grundsätzlich spricht nichts gegen den Einsatz der PTCR unter anderen Atmosphären, wobei allerdings einige Aspekte berücksichtigt werden müssen. Bitte kontaktieren Sie uns für eine individuelle Beratung zur Verwendung der PTCR unter Vakuum oder reduzierenden Bedingungen.

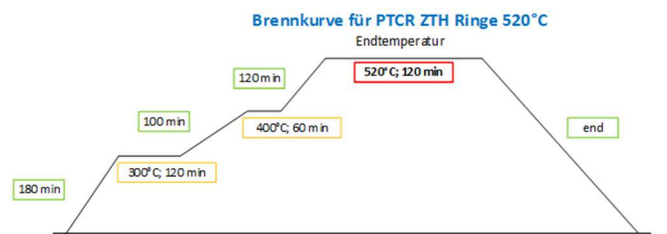
Generell wird bei Verwendung unter Vakuum oder reduzierenden Gasen, wie bspw. N₂/H₂-Mischungen empfohlen, die PTCR vorzubrennen, um die organischen Binder zu verdampfen. Andernfalls können organische Komponenten während des Prozesses nicht zu CO₂ oxidieren und verbleiben als Kohlenstoff in den Ringen. Dies beeinflusst die Schwindung und führt zu einer geringeren Referenztemperatur. Unter Vakuum kann der Kohlenstoff Ablagerungen an den Ofenwänden bilden. Zudem führt die Einschränkung der Wärmeübertragung über Konvektion und Wärmeleitung zu einem geringeren RT-Wert.

Eine Absorption von Kohlenstoff durch die PTCR unter kohlenstoffhaltiger Atmosphäre wurde beobachtet. Dabei diffundiert der atomare Kohlenstoff durch den Ring und schränkt die Schwindung erheblich ein. In diesem Fall muss iterativ ermittelt werden, ob bei gegebenen Prozessbedingungen noch ausreichend Schrumpfungsvermögen vorhanden ist.

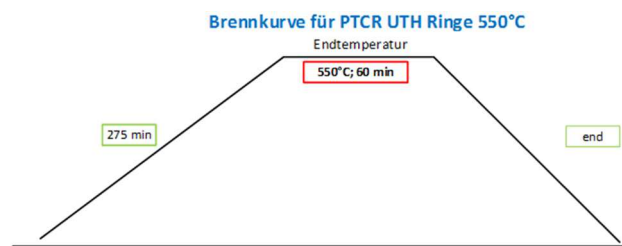
5.7 Vorbrennen der PTCR

Wie bereits unter dem Punkt 5.6 näher ausgeführt, ist es unter manchen Ofenbedingungen unerlässlich, PTCR vor dem eigentlichen Einsatz unter Luft-Atmosphäre vorzubrennen. Möchten Sie PTCR ZTH für Schnellbrände einsetzen (sehr kurze Haltezeiten z. B. 5 Minuten bei maximaler Temperatur), müssen die Ringe - unabhängig von der Atmosphäre des Ofens - ebenfalls vorgebrannt werden. Die PTCR MTH und HTH werden bereits standardmäßig entbindert geliefert und müssen nicht noch einmal vorgebrannt werden! Möchten Sie PTCR selbst vorgebrennen, nutzen Sie bitte je nach Ringtyp folgende Brennkurven und Parameter:

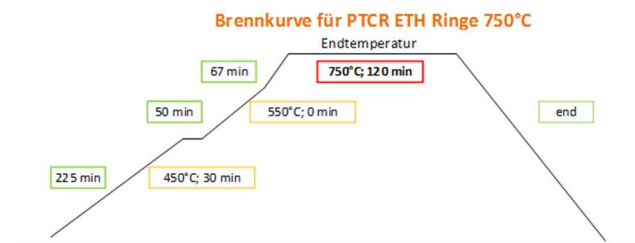
5.7.1 Brennkurve für PTCR ZTH



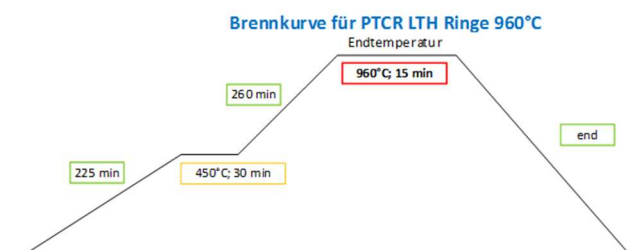
5.7.2 Brennkurve für PTCR UTH



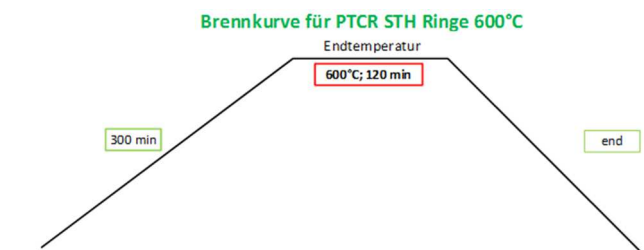
5.7.3 Brennkurve für PTCR ETH



5.7.4 Brennkurve für PTCR LTH



5.7.5 Brennkurve für PTCR STH



Gerne übernehmen wir den Prozess des Vorbrennens für Sie. Sprechen Sie uns an!

6. FAQ – Frequently Asked Questions

1. Was ist ein PTCR?

Ein PTCR ist ein keramisches Werkzeug, das die Messung von Wärme während eines Ofenzyklus erlaubt. Im Gegensatz zu einem Thermoelement, das die aktuelle, punktuelle Temperatur misst, zeichnet ein PTCR die eingetragene Wärme auf. Der durch den PTCR ermittelte Wärmeeintrag ist ein Referenzwert, der bei konstanten Prozessbedingungen stets gleich bleibt. Die Reproduzierbarkeit der Wärmebehandlung und somit auch der behandelten Produkte kann gewährleistet werden.

2. Worin liegt der Vorteil von PTCR im Vergleich zu Thermoelementen?

PTCR zeichnen die thermischen Randbedingungen an der Stelle auf, an der sich auch das Werkstück befindet, wohingegen ein Thermoelement lediglich den zeitlichen Verlauf der Temperatur an einem einzigen Punkt wiedergibt. Die Erfassung der eingetragenen Wärme über die gesamte Dauer des Ofengangs ist hierbei entscheidend.

3. Warum weicht die durch die PTCR bestimmte Temperatur von der nominellen Ofentemperatur ab?

Ein PTCR erfasst die eingetragene Wärmemenge, die unter anderem von der eingestellten Ofentemperatur, der Atmosphäre und der Haltezeit abhängt. Diese Referenztemperatur kann nicht mit der absoluten Ofentemperatur gleichgesetzt werden.

4. Worin besteht der Unterschied von PTCR im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten?

PTCR erlaubt es, einem speziellen Ofenzyklus einen numerischen Referenzwert zuzuordnen und ist eines der bewährtesten Produkte seiner Art. PTCR sichert die Reproduzierbarkeit von Wärmebehandlungen und somit die kontinuierliche Qualität der Erzeugnisse. Die sehr hohe Genauigkeit der PTCR ist mit der entscheidendste Vorteil.

5. Warum wird der Wärmeeintrag in einer Ring-Temperatur (RT) ausgedrückt und nicht in Celsius oder Fahrenheit?

Da der PTCR den Wärmeeintrag misst und nicht die absolute Temperatur, hat die RT keinerlei Beziehung zu der absoluten Temperatur in Celsius oder Fahrenheit. Um einen Vergleich zwischen RT-Wert und konventionellen Temperaturskalen herzustellen, müssen sowohl die Solltemperatur, als auch die Haltezeit berücksichtigt werden.

6. Gibt es Einschränkungen bei der Verwendung von PTCR in Bezug auf die Ofenatmosphäre?

Prinzipiell schon! In reduzierenden Atmosphären oder unter Vakuum, sollten die PTCR Varianten ZT, UT, ET, LT und ST immer vorgebrannt werden. PTCR MT und HT sind bereits standardmäßig vorgebrannt. Vorbrennempfehlungen finden Sie unter Punkt 5.7 dieses Handbuchs. Nach Verdampfen der organischen Binder behält der PTCR sein Schwindungsvermögen ohne Einschränkungen. Bitte kontaktieren Sie uns für eine individuelle Beratung zur Anwendung der PTCR in Ihren Prozessen.

7. Wird das Verhalten des PTCR von den atmosphärischen Randbedingungen beeinflusst?

Ja, die Atmosphäre hat einen Einfluss auf die Schwindung des PTCR, was zu einer Abweichung des ermittelten vom erwarteten Wert führen kann. Dies hat allerdings keinen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und somit auch nicht auf die Erfassung von Abweichungen.

8. Müssen alle PTCR Typen vor dem Einsatz unter reduzierenden Atmosphären oder Vakuum vorgebrannt werden?

PTCR MTH und HTH werden bereits standardmäßig vorgebrannt geliefert. Diese beiden Ringtypen müssen daher nicht noch einmal entbindert werden.

9. Wie wird das Verhalten des PTCR von der Haltezeit beeinflusst?

Die Schwindung eines PTCR wird fortschreiten solange dieser Wärme ausgesetzt ist, was bei konstanter Solltemperatur einen mit fortschreitender Haltezeit steigenden RT-Wert verursacht. Optimale Ergebnisse werden mit 60 Minuten Haltezeit erzielt. Darüber hinaus steht eine Haltezeitkorrekturkurve für Haltezeiten > 60 Minuten auf Anfrage zur Verfügung. Arbeiten Sie mit extrem kurzen oder langen Haltezeiten, empfehlen wir Kontakt zu uns aufzunehmen. Zu beachten ist, dass PTCR ZTH nur bis maximal 120 Minuten Haltezeit verwendet werden können.

10. Müssen die Ofeneinstellungen beim Wechsel der PTCR Charge angepasst werden?

Nein, solange die der Charge entsprechende Temperaturtabelle verwendet wird. Abweichungen von Charge zu Charge werden von Werk aus durch eine Kalibrierung kompensiert.

11. Hat das Material der Unterlagen einen Einfluss auf die Funktion des PTCR?

Ja! Es ist bekannt, dass Wechselwirkungen zwischen reaktiven Materialien wie Kohlenstoff die Funktionalität der PTCR einschränken. Es sollten daher Unterlagen aus ZrO_2 , Al_2O_3 , SiN etc. verwendet werden.

12. Hat die Aufheizrate einen Einfluss auf die Funktion des PTCR?

Ja, da der PTCR die eingetragene Wärmemenge misst. Bei einer langsamen Aufheizrate und somit längerer Aufheizzeit wird mehr Wärme eingetragen als bei einer schnellen Aufheizrate.

13. Wird ein Mikrometer zur Auswertung benötigt?

Ja! Zur genauen Bestimmung der Schwindung ist die korrekte Platzierung des PTCR im Mikrometer von besonderer Bedeutung. Durch die Standardisierung des Messverfahrens werden diverse Fehlerquellen aus Ihren Prozessen und Abläufen ausgeschlossen und Sie erhalten bestmögliche Ergebnisse. Dies wird am ehesten durch Verwendung des Original-PTCR-Mikrometers gewährleistet. Das Mikrometer enthält zudem eine USB-Schnittstelle. Mit einem speziellen USB-Kabel kann der Messwert in ein Dokument Ihrer Wahl übertragen werden. Eine spezielle Software wird nicht benötigt.

14. Warum ergeben PTCR aus verschiedenen Chargen unterschiedliche Referenztemperaturen und wie kann man dem entgegen wirken?

Zwischen PTCR zweier Chargen gibt es immer Unterschiede, was auf geringfügige Abweichungen bei der Zusammensetzung des Rohmaterials zurückzuführen ist. Dies bezieht sich sowohl auf die chemische Zusammensetzung, als auch auf physikalische Eigenschaften wie z. B. die Korngröße. Selbst bei strikter Einhaltung der Herstellungsprozesse verbleiben somit immer kleine, aber wesentliche Unterschiede. Diese werden jedoch zukünftig weiter durch die Verwendung synthetischer Rohstoffe minimiert.

Um diese Unterschiede zu erfassen und zu kompensieren, werden PTCR aus Referenzcharge und neuer Charge unter

Referenzbedingungen verglichen, wobei üblicherweise geringe Unterschiede im Durchmesser festgestellt werden. Die den Durchmessern der Referenzcharge entsprechenden Temperaturen dienen als Kalibriergröße für die aktuelle Charge. Dieser Kalibriervorgang wird 8-mal, jeweils bei unterschiedlicher Temperatur innerhalb des Einsatzbereichs der PTCR-Art wiederholt. Dies führt zu 8 Wertepaaren von Temperatur und Durchmesser, die durch eine Ausgleichsgerade gefittet werden. Abweichungen zwischen zwei Chargen können somit bei Standardbedingungen kompensiert werden. Abweichungen von den Standardbedingungen (Aufheizrate, Atmosphäre, etc.) können allerdings zu Abweichungen von Charge zu Charge führen. In diesem Fall sollte der oben erläuterte Kalibriervorgang spezifisch für eben diese Randbedingungen und somit auch für jede neue Charge wiederholt werden. Die vom Hersteller zur Verfügung gestellte Temperaturtabelle erlaubt den Vergleich verschiedener Chargen unter Standardbedingungen. Bei Prozessparametern, die stark von den Standardbedingungen abweichen, muss unter Umständen vom Anwender eine spezifische Kalibrierung bei Verwendung einer neuen Charge durchgeführt werden.

15. Gibt es ein Ablauf- oder Mindesthaltbarkeitsdatum der PTCR?

Nein! Sie können PTCR unbegrenzt lagern.

16. Wie werden PTCR optimal gelagert?

Die Ringe sollten grundsätzlich trocken und stoßsicher gelagert werden, am besten in der Originalverpackung.

17. Welche Besonderheiten muss ich bei den neuen PTCR ZTH beachten?

Die PTCR ZTH bestehen zu 100 % aus synthetischen Rohstoffen. Die Ringe sind äußerst sensibel und können bereits für Haltezeiten ab 5 Minuten bis maximal 120 Minuten verwendet werden. Aufgrund der Zusammensetzungen reagieren die Ringe sehr sensibel bereits auf kleinste Temperaturänderungen. Die PTCR ZTH müssen grundsätzlich vorgebrannt werden, sofern diese für Schnellbrände oder unter reduzierenden Atmosphären, oder auch Vakuum eingesetzt werden. Die entsprechende Vorbrennkurve finden Sie in diesem Handbuch.

Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen, Spezifikationen, Verfahren, Methoden und Empfehlungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt und werden als genau und zuverlässig erachtet, wobei jedoch von der Möglichkeit auszugehen ist, dass sie nicht vollständig und/oder nicht für alle existierenden oder eintretenden Bedingungen oder Situationen geeignet sind. M.E. SCHUPP Industriekeramik GmbH & Co. KG übernimmt keine Haftung oder Gewährleistung für die bereitgestellten Informationen. Lieferungen und Leistungen gleich welcher Art erfolgen ausschließlich zu unseren allgemeinen Geschäftsbedingungen.