

5. Hochtemperaturtechnik

5.1 Keramik im Industrieofenbau

- Dr. Kirsten Wilm
W. Haldenwanger Technische Keramik GmbH & Co. KG
Waldkraiburg

Die Folien finden Sie ab Seite 385.

5.1.1. Einleitung

Wärmebehandlungen sind in Industrie und Forschung wichtige Verfahrensschritte. Wärmebehandlung ist auch immer gleichzusetzen mit Energieverbrauch. Energie wird immer wertvoller, also immer teurer. Steigendes Umweltbewusstsein und schwindende Energieressourcen haben den Ofenbau in den letzten Jahren entscheidend verändert und werden ihn auch weiterhin im oben genannten Sinne ändern. Voraussetzung hierfür ist unter anderem ein Austausch von bisherigen, metallischen Bauelementen durch keramische Komponenten bzw. Werkstoffe.

Feuerfeste Feinkeramik ermöglicht:

- Konstruieren mit geringen Wandstärken und damit kleinerer Wärmekapazität
- Konstruktionen hoher Temperaturwechselbeständigkeit und damit hohen Aufheizgeschwindigkeiten
- Leichte, aber mechanisch und thermisch stabile Brennhilfsmittel und Konstruktionsteile, die schnellbrandgeeignet sind
- Dünnwandige, freitragende Konstruktionen
- Funktion ohne Kühlung

5.1.2. Keramische Tragrollen

Rollenöfen für den Schnellbrand von Wand- und Bodenplatten werden seit gut 25 Jahren eingesetzt. Bei dieser Ofenart wird das Brenngut mittels rotierender keramischer Rollen durch den Ofen befördert. Hierbei handelt es sich je nach Typ um oxid- und nichtoxidkeramische Rollen. Damals betrug der Rollendurchmesser 55 mm bei Längen um 2.000 mm. Aus Kapazitätsgründen kam dann aus der Wand- und Bodenplattenindustrie die Forderung nach leistungsfähigeren Ofeneinheiten. Das hatte zur Folge, dass die Öfen breiter und somit die Rollen länger wurden. Heute ist man bei Rollendurchmessern von 30 - 50 mm bei maximalen Rollenlängen von ca. 4.000 mm angelangt. Dies entspricht einer nutzbaren Ofenbreite von ca. 2.500 mm.

Die Toleranzen der Tragrollen sind in letzter Zeit wesentlich enger geworden. So sind für den Rollendurchmesser heute $\pm 0,2$ bis $\pm 0,5$ mm üblich. Die Durchbiegungen liegen heute bei 1,0 bis 1,5 mm, was einem TIR¹ von 2-3 mm entspricht. Außerdem wird die Rolle in ihrer Konizität von einem Ende zum Anderen spezifiziert. Sie sollte nicht mehr als 1 mm betragen.

Tragrollen benötigen eine gute Feuerstandfestigkeit, die den einwandfreien Betrieb bei einer gegebenen Temperatur und Belastung gewährleistet. Ebenso besteht die Forderung, dass die Rollen während des laufenden Ofenbetriebes gewechselt werden können. Aufgrund des dadurch entstehenden hohen Temperaturgradienten können nur Werkstoffe mit einer guten Temperaturwechselbeständigkeit eingesetzt werden.

Oxidkeramische Rollen finden Anwendungen in Rollenöfen zum Brand von Wand- und Bodenplatten. Nichtoxidkeramische Rollen finden Anwendungen in Rollenöfen zum Brennen von Sanitärkeramik und Porzellan.

Keramikrollen werden eingesetzt für das Brennen von:

- Wand- und Bodenplatten bis 1.300°C
- Geschirrporzellan bis 1.420°C
- Sanitärporzellan bis 1.300°C

¹ TIR: Total Indicator Reading, Abweichung des Außendurchmessers bei einer 360° Drehung

- Ferrite bis 1.350°C auf Brennunterlagen
- Metallen in der Wärmebehandlung bis 1.200°C
- Technische Keramik bis 1.650°C

5.1.3.1. Keramische Tragrollen für Glasterperöfen

Bei Rollenöfen für die Temperung von Flachglas erfolgt der Transport der Glasscheiben durch den Ofen mittels ortsfester, rotierender Rollen. Das Tempergut läuft direkt, also ohne Unterlagen über die Transportrollen. Die Durchlaufzeit kann über die Umdrehungsgeschwindigkeit der Rollen geregelt werden.

Alle großformatigen Glasscheiben müssen einer thermischen Nachbehandlung unterzogen werden (Einscheiben-Sicherheitsglas). Ziel dieses Prozesses ist es, durch die Wärmebehandlung und die anschließende Abschreckung Spannungen im Glas zu erzeugen, so dass bei Zerstörung keine scharfen Splitter entstehen. Die Scheibe muss, ähnlich dem Verbund-Sicherheitsglas, in viele kleine ungefährliche Partikel zerfallen.

Wegen der Empfindlichkeit der Glasoberfläche bei der Temperatortemperatur muss die Oberfläche der zum Einsatz kommenden keramischen Rollen sehr glatt und frei von kleinsten Erhebungen sein. Die Durchbiegung und die Rundlaufgenauigkeit sind ebenfalls sehr wichtige Faktoren.

Als Rollenwerkstoff, welcher auch eine gute Temperaturwechselbeständigkeit (TWB) besitzen muss, um prozessbedingte Temperaturänderungen zu überstehen, kommt meistens Quarzglas zum Einsatz. Beim Quarzglas sind Arbeitstemperaturen bis 1.000 °C möglich. Der kleine Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) und die dadurch bedingte gute TWB lassen kurze Aufheizzeiten zu.

5.1.3.2. Zusammenfassung Keramische Tragrollen

Allgemein lassen sich die Anforderungen an keramische Tragrollen im Industrieofenbau folgendermaßen zusammenfassen:

- homogenes Gefüge des Materials
- Abmessungsgenauigkeit

- thermomechanische Belastbarkeit
- gute Temperaturwechselbeständigkeit
- chemische Beständigkeit
- Oberflächengüte

Tendenziell geht es bei der Rollenentwicklung zu:

- kleineren Rollendurchmessern
- längeren Rollen
- größeren thermomechanische Belastbarkeiten
- engeren Toleranzen

5.1.4. Keramische Tragrohre

Zum Bau von Öfen mit freiliegenden Heizleiterwendeln werden sogenannte Tragrohre benötigt. Hierfür werden keramische Rohre, die hauptsächlich aus einer mullitischen Phase bestehen, eingesetzt. Beim Einsatz von Aluminiumoxid-Keramiken wird eine größere Tragfähigkeit und größerer Stützweite erreicht. Diese Rohre sind gasdicht und chemisch so gut wie inert.

5.1.5. Brennbalken und Profilträger aus SiC

Brennbalken und Profilträger aus SiC werden vorzugsweise zum ein- und mehretagigen Brennen großformatiger keramischer Bauteile bis zu Temperaturen von 1.350 °C (z.B. für Sanitärkeramik, Hochspannungsisolatoren, Ziegelsteine, großformatiges Steingut oder Steinzeug, etc.), oder bis zu Temperaturen von 1.650 °C eingesetzt (z.B. Porzellanindustrie, Technische Keramik, etc.).

Hohlprofilträger können in verschiedenen Querschnitten und in Längen bis zu 3.800 mm hergestellt werden. Sie werden als hochbelastete Einzelträger, in Systembauweise als Brennwagenaufbauten oder als Tragkonstruktion im Ofen- und Anlagebau verwendet. Aufgrund der erreichbaren Spannweiten und der vergleichsweise geringen erforderliche Querschnitte ermöglichen sie eine Optimierung des nutzbaren

Setzvolumens im Ofen. Mit der geringer werdenden Masse der aufzuheizenden Brennhilfsmittel wird eine Energieeinsparung erreicht.

5.1.6. Thermoschutzrohre

In allen Bereichen der Industrie, der Forschung und Entwicklung wird gemessen, gesteuert und geregelt. Die Anforderungen an die Daten wachsen ständig. Die Einsatzbedingungen, unter denen Daten ermittelt werden, werden immer härter.

Viele Sensoren sind aber gegen prozessbedingte Einflüsse, wie z.B. Korrosion, empfindlich und müssen sicher durch Thermoschutzrohre geschützt werden. Im Bereich der Temperaturmessung werden diese sehr oft mit Schutzrohren aus Keramik verschiedener Qualitäten ummantelt, häufig wird auf Aluminiumoxid-Keramik zurückgegriffen.

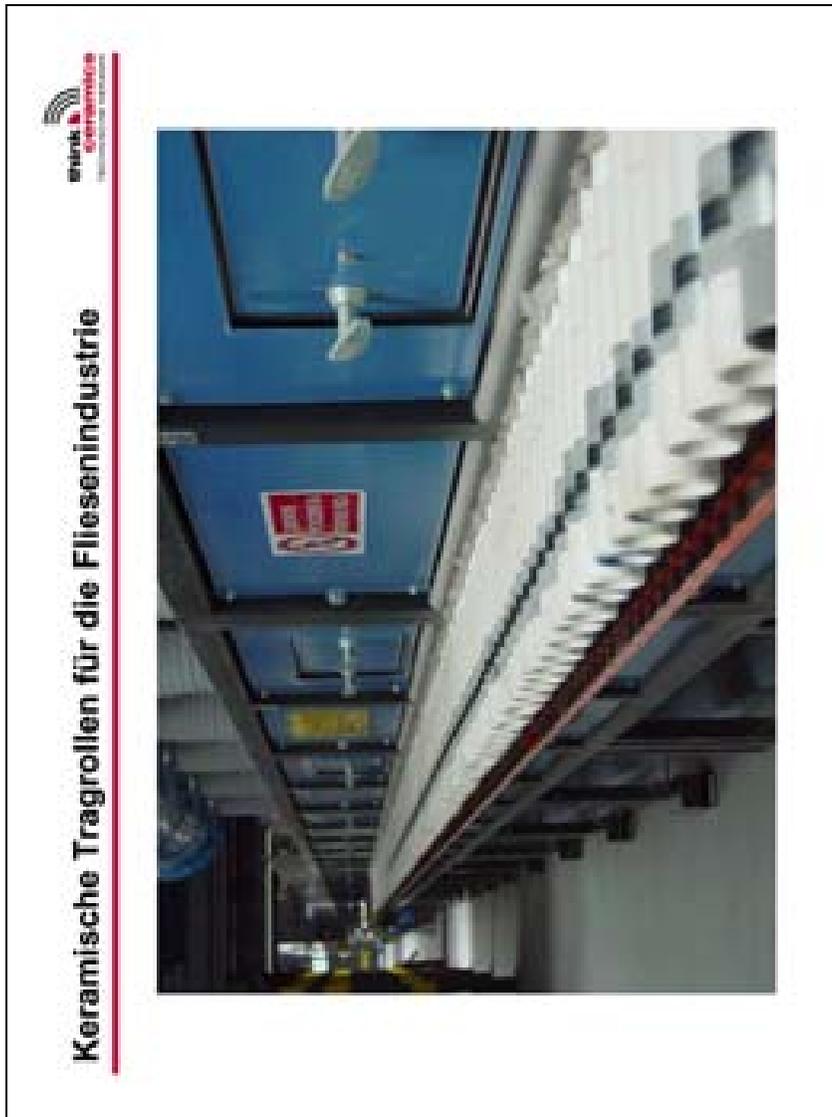
Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 18) finden sich auf den folgenden Seiten.

Hochtemperaturtechnik

Keramik im Industrieofenbau Ein Überblick

Dr. Kirsten Wilm
W. Haldenwanger Technische Keramik GmbH & Co. KG
Waldkraiburg





5.1 Folie 2

Materialsysteme für Rollen



- Al_2O_3 - SiO_2 [- Al_2O_3]
 - porös und dicht
- SiC
 - porös und dicht
- Amorphes SiO_2
 - Quarzglas, porös



Al_2O_3 , Mullit, Glasphase



SiC (& freies Si)



SiO_2

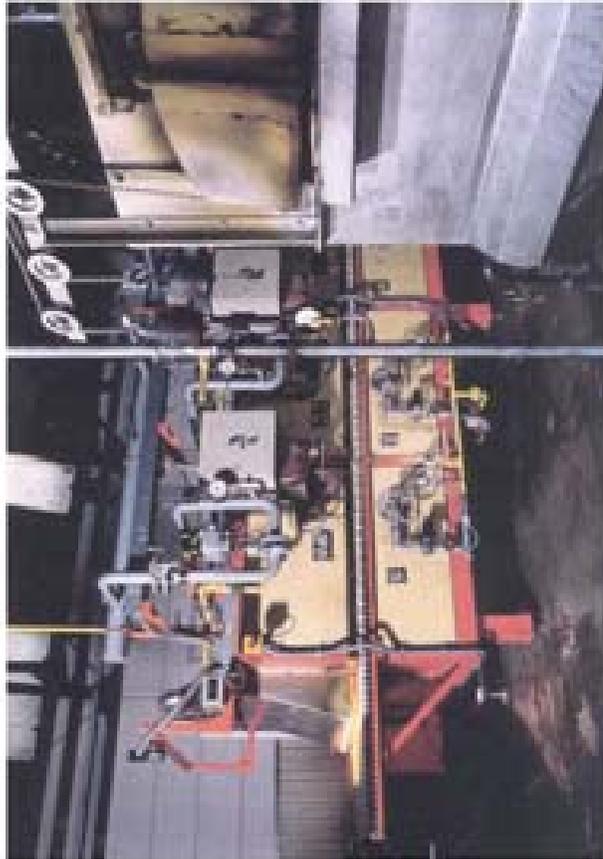


SiC Tragrollen für den Rollenofen



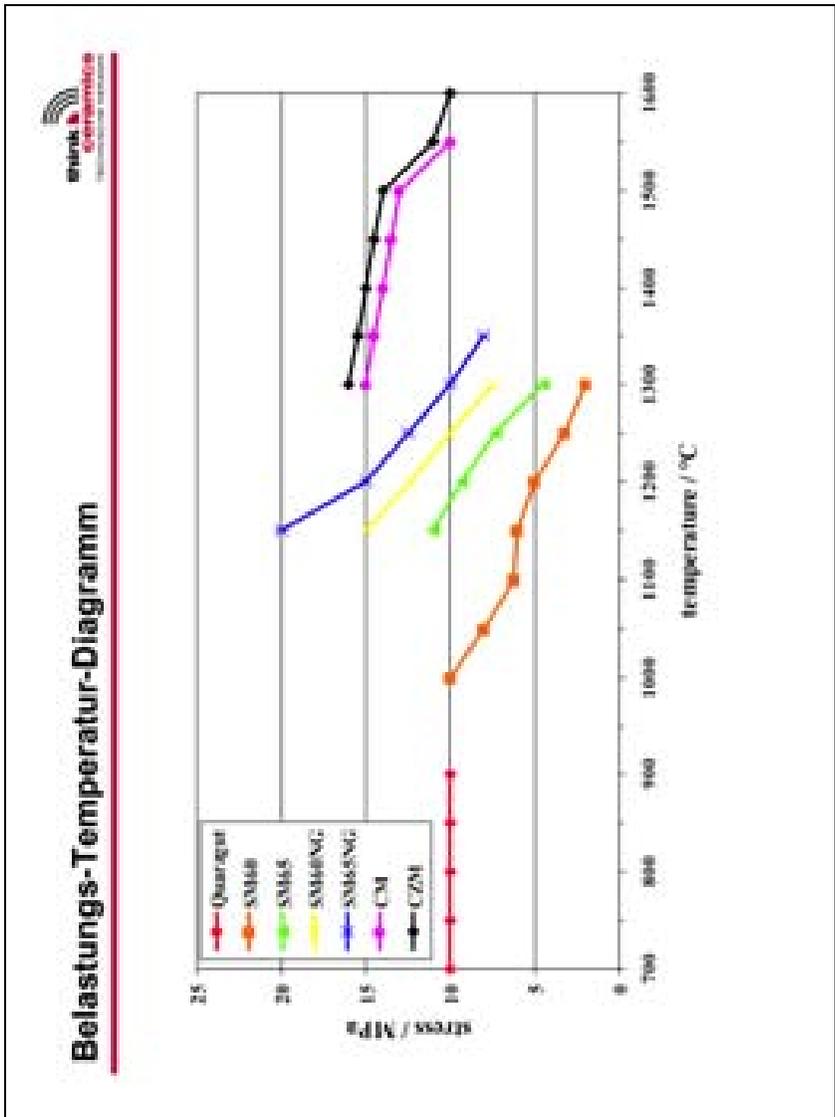
5.1 Folie 4

Keramische Tragrollen in der Metallherstellung



Neue Rollenwerkstoffe	
 <p>Oxid-Rollen</p>	 <p>Nicht-oxid-Rollen</p>
<p>Korund Mullit Zirkon Mullit Korund Mullit</p>	<p>RSIC (dotiert) RSIC RSIC</p>
<p>1600°C 1600°C 1550°C</p>	<p>1650°C 1600°C 1550°C</p>
<p>Mullit, porös Mullit, porös Mullit, dicht Quarzglas</p>	<p>SISIC SISIC SISIC</p>
<p>1300°C 1300°C 1250°C 1000°C</p>	<p>1350°C 1300°C 1250°C 1000°C</p>

5.1 Folie 6



5.1 Folie 7



Quarzutrollen zum Tempern von Flachglas





Quarzutrollen zum Tempern von Flachglas





Anforderungen an keramische Tragrollen

- **homogenes Gefüge**
- **Abmessungsgenauigkeit**
- **thermomechanische Belastbarkeit**
- **gute Temperaturwechselbeständigkeit**
- **chemische Beständigkeit**
- **Oberflächengüte**

Tendenzen der Rollentwicklung



- kleinere Rollendurchmesser
- längere Rollen
- größere thermomechanische Belastbarkeit
- engere Toleranzen



Keramische Tragrohre mit Heizleiterwendeln



5.1 Folie 12



5.1 Folie 13



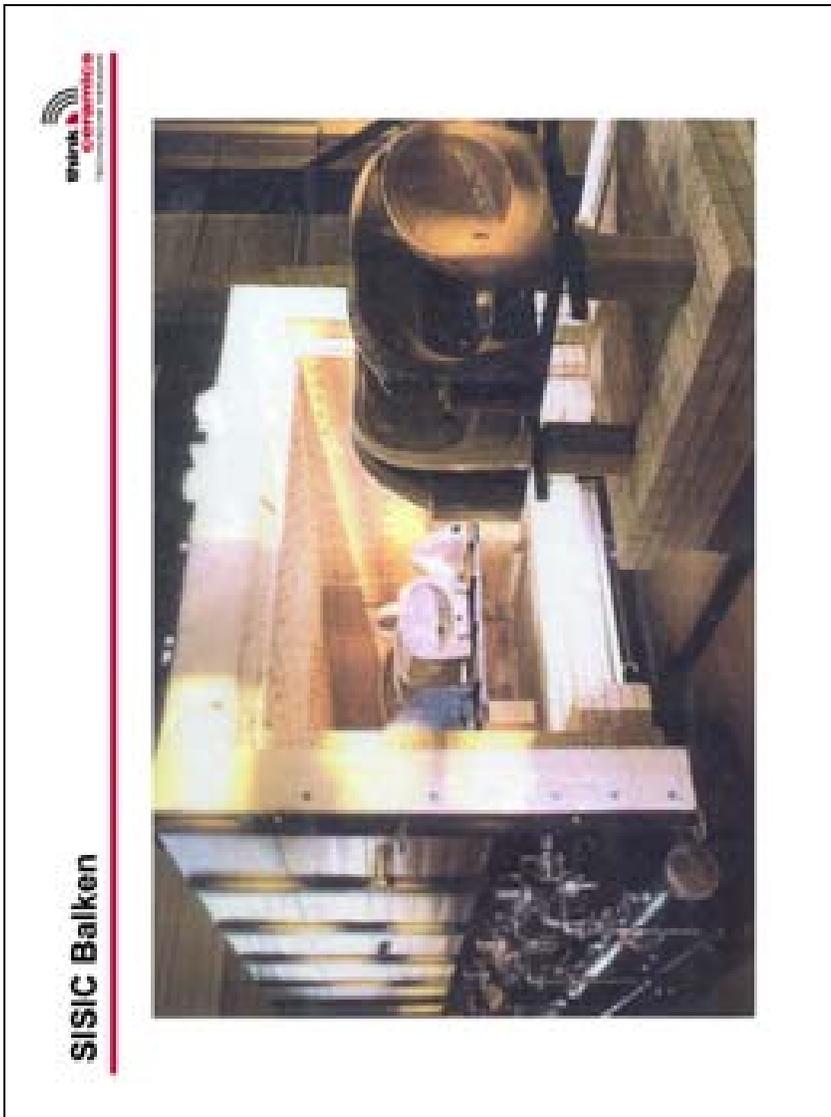
SiC Werkstoffe Brennhilfsmittel



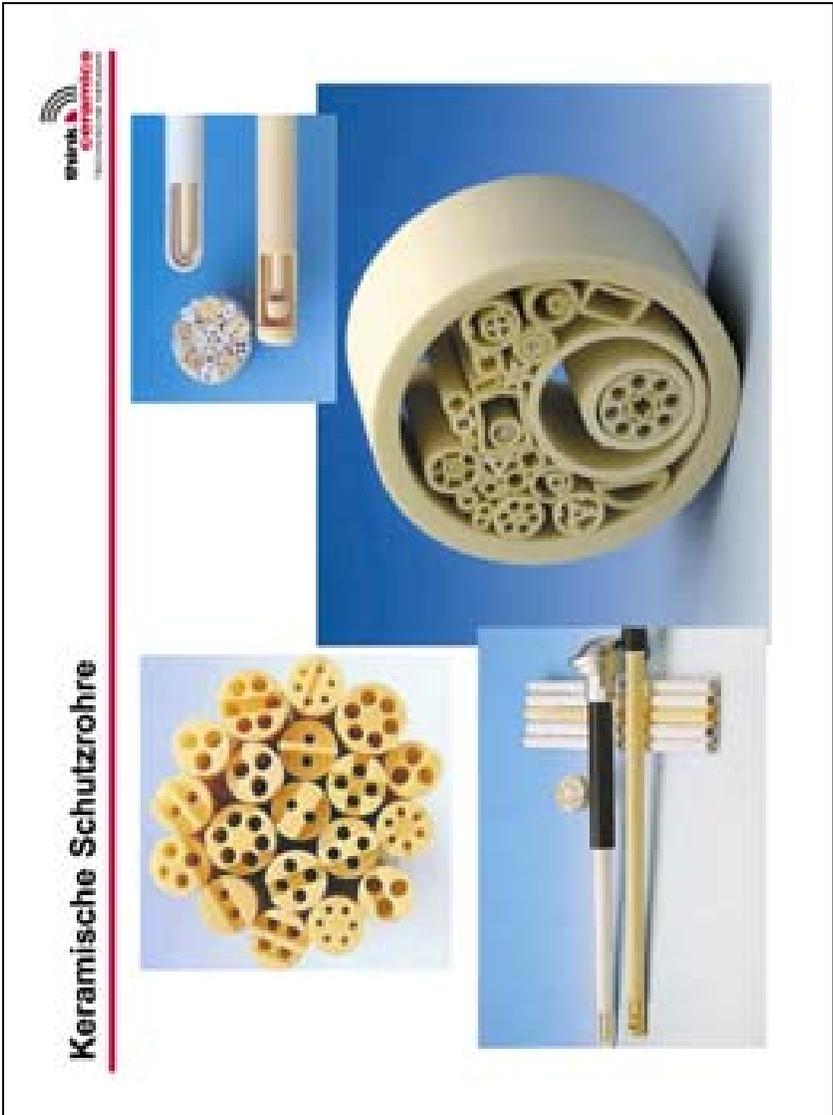

SiSiC Balken im Gemini Ofen

GEMINI
KAMMEROFEN SYSTEME





5.1 Folie 16



5.1 Folie 17

Keramische Schutzrohre aus SiC



The image displays various SiC ceramic protection tubes. On the left, a large vertical tube features a prominent spherical end fitting. To its right, a bundle of smaller tubes is shown. Below these, a stack of tubes is presented with different end configurations, including some with threaded or flanged connections. The tubes are dark in color, characteristic of SiC, and are arranged against a light background.

