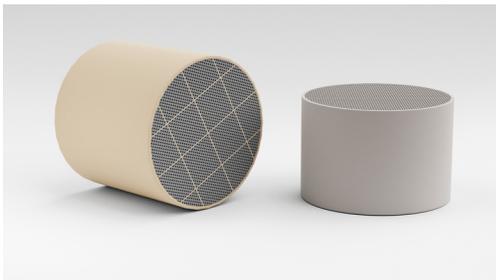


# Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

Jinyan Li und Shenjun Sheng, Applications Laboratory Shanghai, und Dorothea Stobitzer, Applications Laboratory Selb



1 Cordierit-Honigwabenkeramik

## Einleitung

Im Bereich Abgasreinigung von Kraftfahrzeugen spielen Wabenkeramiken als Katalysatorträger eine wichtige Rolle. Durch Aufbringen von Katalysatormaterialien (z. B. Edelmetalle wie Platin, Rhodium, Palladium usw.) auf den Träger entstehen katalytische Abgasreinigungsvorrichtungen, die – nach Montage am Abgassystem – dazu dienen, schädliche Bestandteile in Abgasen (z. B. Kohlenmonoxid CO, Kohlenwasserstoff HC, Stickoxide NOx usw.) zu aktivieren, chemisch umzusetzen und in harmloses Kohlendioxid, Wasser und Stickstoff umzuwandeln. Schädlichen Abgase werden so beseitigt.

Aufgrund ihrer hohen Feuerfestigkeit, geringen Wärmeausdehnung und weiterer Eigenschaften wurden Cordierit-Wabenkeramiken zu Kernkomponenten von Abgasreinigungsanlagen für Diesel, Benzin und Erdgas und finden nicht nur als Katalysatorträger sondern auch z.B. als Abgaskanal für Kraftfahrzeuge Anwendung.

Cordierit-Keramiken als Katalysatorträger (Abbildung 1) haben folgende Vorteile:

- Aufgrund ihrer Wabenstruktur und der großen spezifischen Oberfläche begünstigen sie die Anlagerung und Verteilung katalytisch aktiver Substanzen, was die Aktivität des Katalysators deutlich verbessert.

- Gute thermische Stabilität: Die Abgastemperatur von Automotoren liegt in der Regel zwischen 250 und 800 °C, teilweise sogar darüber. Cordierit zersetzt sich nicht und unterliegt auch bei hohen Temperaturen keinen Phasenumwandlungen für eine die Aktivität des Katalysators über dessen gesamte Lebensdauer.
- Beim häufigen Starten und Stoppen eines Automotors ist der geringe thermische Ausdehnungskoeffizient von Cordierit-Keramik vorteilhaft, um in einer Arbeitsumgebung mit wiederholter schneller Abkühlung und Aufheizung auf lange Sicht ein Brechen der Keramik zu verhindern. Dies trägt dazu bei, die Wirksamkeit des Katalysators und die Sicherheit der Abgasreinigungsanlage sicherzustellen.
- Cordierit-Keramiken weisen eine geringe spezifische Wärmekapazität auf. Der Motor neigt dazu, beim Kaltstart mehr CO und Kohlenwasserstoffe zu produzieren; aufgrund seiner geringen spezifischen Wärmekapazität kann Cordierit als Trägermaterial den Katalysator in kurzer Zeit auf Arbeitstemperatur bringen, um seine katalytische Wirkung zu entfalten.
- Gut geeignete Wärmeleitfähigkeit: Container, große Lastwagen und andere Dieselfahrzeuge müssen oft lange Strecken zurücklegen, so dass die Wärmeleitfähigkeit und Wärmeabgabeeigenschaften des Katalysatorträgers sehr wichtig ist.

## APPLICATIONNOTE Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

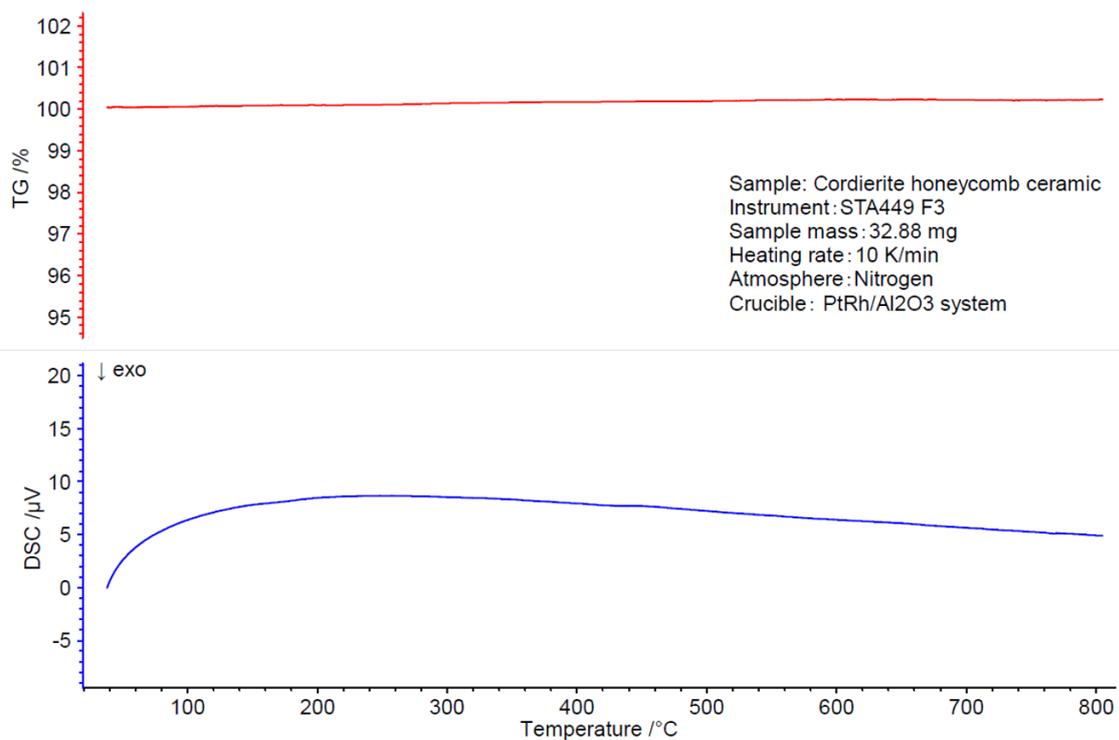
### Messbedingungen

In diesem Applikationsbeispiel wurde die thermische Stabilität und spezifische Wärmekapazität einer Cordierit-Probe mit dem simultanen Thermoanalysegerät STA 449 **F3** untersucht. Der thermische Ausdehnungskoeffizient und die Wärmeleitfähigkeit der Probe wurden mit dem Dilatometer DIL 402 Classic und der Laser Flash-Apparatur LFA 467 HT HyperFlash® charakterisiert. Die Prüftemperatur lag zwischen Raumtemperatur und 800 °C, dem Temperaturbereich von Motorabgasen.

### Messergebnisse und Diskussion

#### **Thermische Stabilität und spezifische Wärmekapazität**

Zunächst sollen die Ergebnisse der STA-Messungen betrachtet werden. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass die Probe im Prüftemperaturbereich keinen Gewichtsverlust aufweist (rote Kurve).

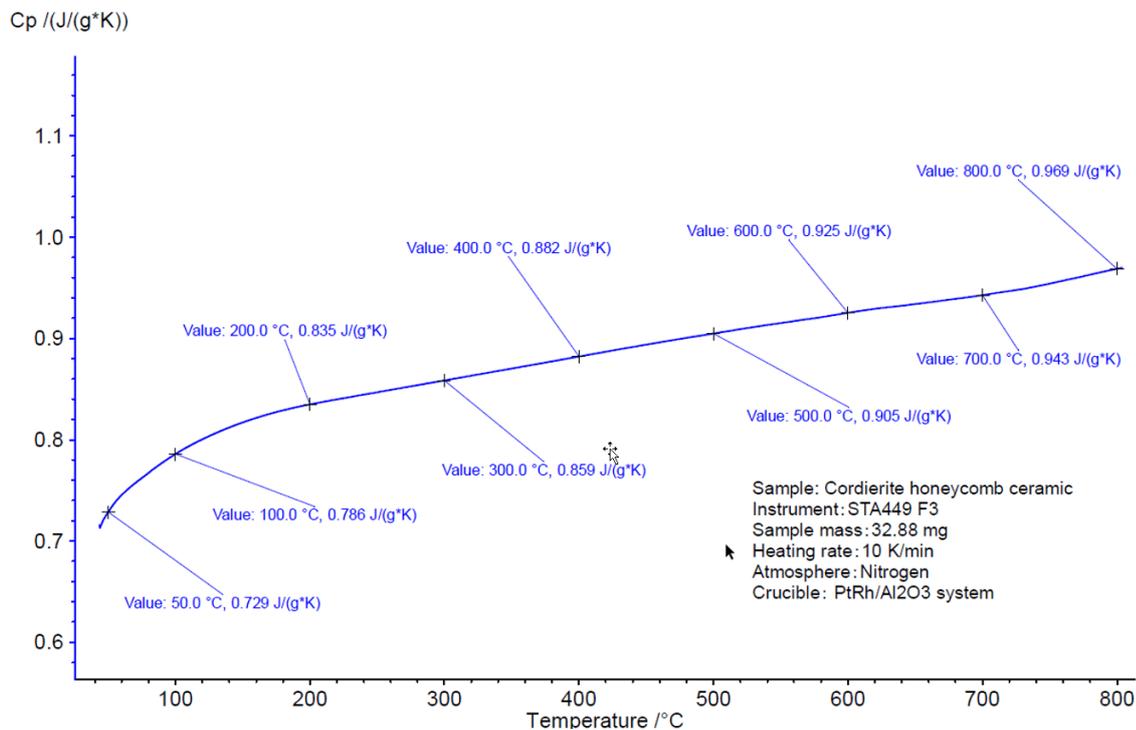


2 TG- (rot) und DSC-Ergebnisse (blau) der Cordierit-Honigwabenstruktur

## APPLICATIONNOTE Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

Aus der DSC-Kurve (ebenfalls Abbildung 2) ist ersichtlich, dass im Prüftemperaturbereich keine offensichtlichen endothermen oder exothermen Effekte auftreten, d. h. es findet keine Zersetzung oder Phasenumwandlung statt. Dies deutet auf eine gute thermische Stabilität der Probe im Motorabgastemperaturbereich hin. Durch Verwendung von Saphir als Standardreferenzmaterial konnte aus der DSC-Messung auch die spezifische Wärmekapazität der Probe mit der Vergleichsmethode bestimmt

werden. Die Ergebnisse in der Abbildung 3 zeigen, dass die spezifische Wärmekapazität der Probe mit steigender Temperatur zunimmt und Werte zwischen 0,729 J/(g\*K) (bei 50 °C) und 0,969 J/(g\*K) (bei 800 °C) annimmt. Im Vergleich zu herkömmlichen  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Keramiken (spezifische Wärmekapazität von 0,823 J/(g\*K) und 1,237 J/(g\*K) bei 50 °C bzw. 800 °C) ist die spezifische Wärme dieser Probe geringer. Für die Untersuchung wurden 190- $\mu$ l-PtRh-Tiegel mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Auflagen eingesetzt.



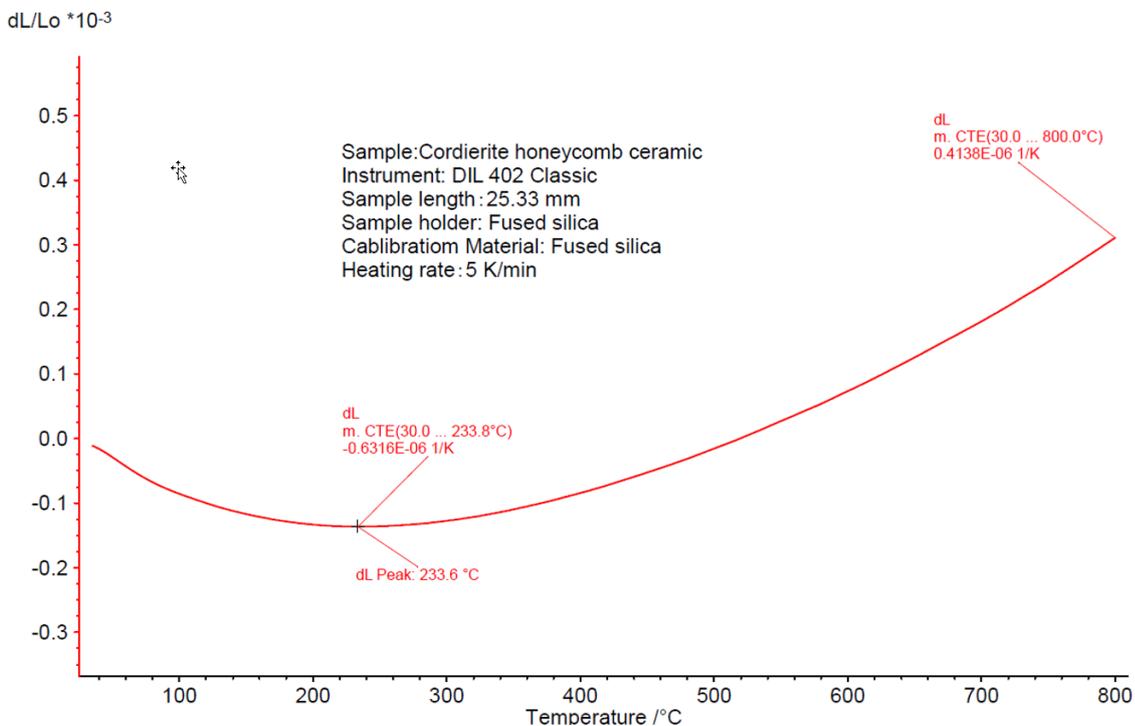
3 Spezifische Wärmekapazität der Cordierit-Honigwabenkeramik

## APPLICATIONNOTE Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

### Prüfung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten

Die Ergebnisse der Dilatometerprüfung sind in Abbildung 4 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Cordierit-Probe im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 800 °C mit steigender Temperatur zunächst schrumpft und sich dann ausdehnt, wobei die Peaktemperatur bei 233,6 °C liegt. Der Wärmeausdehnungskoeffizient (d. h. der technische Ausdehnungskoeffizient) im Bereich von 30 °C bis 233,8 °C beträgt  $-0,6316E-06$  1/K. Der Wärme-

ausdehnungskoeffizient im Bereich 30 °C bis 800 °C beträgt  $0,4138E-06$  1/K, was darauf hinweist, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient der Probe im Bereich der Motorabgastemperatur tatsächlich niedrig ist ( $\alpha$ - $Al_2O_3$ -Keramik hat einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $8,03E-06$  1/K im Bereich von 25 °C bis 900 °C). Aufgrund des geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Proben wurden sowohl der Probenhalter als auch Referenzproben (Kalibriermaterial) aus Quarzglas verwendet.



4 Thermische Ausdehnung der Cordierit-Honigwabenkeramik

# APPLICATIONNOTE Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

## Untersuchung der Wärmeleitfähigkeit

Die Ergebnisse der LFA-Prüfung sind in Abbildung 5 wiedergegeben. Mit der LFA kann die Temperaturfähigkeit der Probe bestimmt werden. Die Wärmeleitfähigkeit der Probe lässt sich durch Multiplikation der Temperaturleitfähigkeit mit der Dichte und der spezifischen Wärmekapazität berechnen. Der Temperaturbereich der LFA-Prüfung liegt bei 25 °C bis 800 °C, das

Temperaturintervall beträgt 100 K, und bei jedem Temperaturpunkt werden drei Messungen durchgeführt. Aus der Tabelle geht hervor, dass die drei Ergebnisse jeweils sehr nahe beieinander liegen, was auf eine gute Wiederholbarkeit der Prüfung hinweist. Das Trenddiagramm (Abbildung 5) unten zeigt, dass sowohl die Temperaturleitfähigkeit als auch die Wärmeleitfähigkeit der Probe mit steigender Temperatur abnehmen.

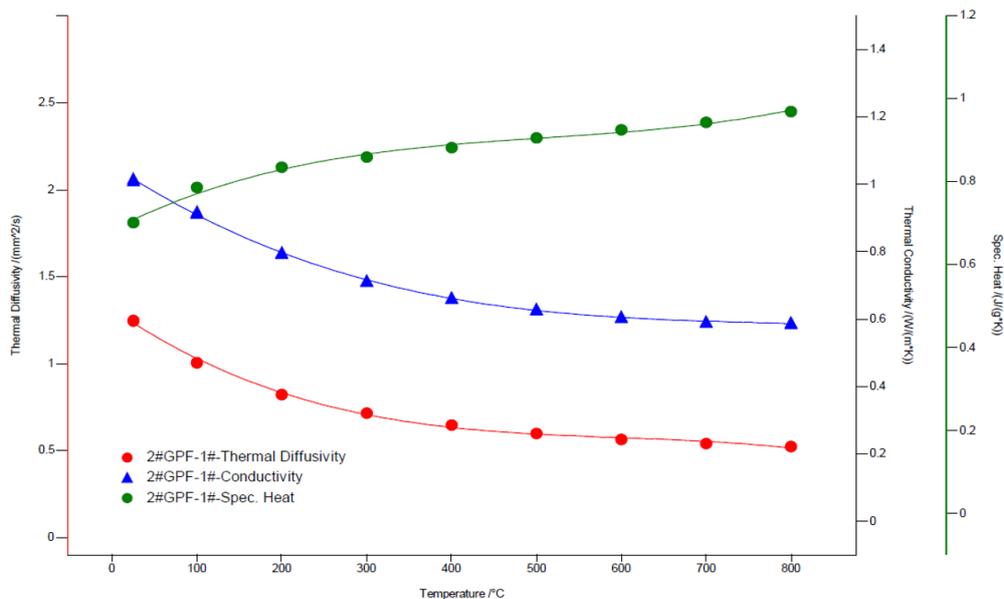
### Thermal Diffusivity (Avg.) - NETZSCH LFA Analysis

#### General information

Database :	cordierite honeycomb ceramic.mc	Remark(mment) :	---
Instrument :	LFA 467	Cp table :	DPF1#
Identity :	c3631	Expansion table :	dL_const
Date :	2022/8/17	Furnace :	LFA 467 HighTemp S
Material :	2#GPF-1# - B	Sample holder :	Single round/12.7mm
Ref. density (20.0 °C) /(g/cm^3)	1.159	Lamp :	LFA 467 Flash Lamp
Sample :	2#GPF-1#	Furnace TC :	S
Type :	Single layer	Sample TC :	S
Sample position :	B	Sample Xp / Tn :	4.00 / 4.00
Detection Area (Diameter)/mm	2.8	Furnace Xp / Tn :	4.00 / 4.00
Filter% :	0	Calculation code	Standard + p.c./1-0
Thickness (RT) /mm :	1.4770	Purge 2 MFC	ARGON
Diameter /mm :	12.500	Protective MFC	ARGON
Sensor :	InSb (HT)		
Operator :	ljy		

#### Results

Shot number	Temperature °C	Diffusivity mm^2/s	Std. Dev. mm^2/s	Uncertainty %	Conductivity W/(m*K)	Cp-table J/(g*K)
1, 2, 3	25.0	1.247	0.003	0.2	1.013	0.701
4, 5, 6	100.0	1.005	0.002	0.2	0.916	0.786
7, 8, 9	200.0	0.823	0.002	0.2	0.796	0.835
10, 11, 12	300.0	0.716	0.001	0.2	0.713	0.859
13, 14, 15	400.0	0.648	0.000	0.2	0.662	0.882
16, 17, 18	500.0	0.599	0.001	0.2	0.628	0.905
19, 20, 21	600.0	0.565	0.001	0.2	0.605	0.925
22, 23, 24	700.0	0.541	0.001	0.2	0.591	0.943
25, 26, 27	800.0	0.524	0.001	0.2	0.588	0.969



## 5 LFA-Messergebnisse

## APPLICATIONNOTE Warum ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften von Cordierit-Honigwabenkeramik wichtig?

### Fazit

In der Industrie werden poröse Cordieritkeramiken durch verschiedene Verfahren wie Partikelstapelung, Schäumen und Extrusion hergestellt. Die Eigenschaften von Cordierit-Keramiken, die durch verschiedene Herstellungsmethoden und Formulierungen erzielt werden, weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf.

In dieser Application Note wurde eine Cordierit-Probe mittels STA-, DIL- und LFA-Methoden untersucht, um ihre thermische Stabilität, die spezifische Wärme, die Wärmeausdehnungseigenschaften und ihre Wärmeleitfähigkeit zu charakterisieren.

NETZSCH verfügt über ein breites Spektrum an Geräten für die thermische Analyse und die Prüfung der physikalischen Eigenschaften und kann eine Reihe von Lösungen für die Untersuchung von Cordierit-Wabenkeramik und anderen Abgaskatalysator-Trägermaterialien anbieten.