

Wärmeleitfähigkeitsmessgerät

Trident Thermal Conductivity Analyzer von C-Therm

1/2



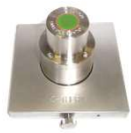
Process Safety

Die Wärmeleitfähigkeit ist eine physikalische Grösse, welche den Wärmestrom aufgrund von Wärmeleitung durch ein Material angibt. Dieser Wert wird pro Flächeneinheit und Zeit mit einem Temperaturgradienten von 1K pro Meter dargestellt. Die Wärmeleitfähigkeit ist eine Stoffeigenschaft und kann von Struktur, Dichte, Feuchtigkeit, Druck und Temperatur abhängen. Die Wärmeleitfähigkeit hat viele Anwendungsbereiche zum Beispiel für die Wärmedämmung, Isolationstechnik, Photovoltaik, usw. In der thermischen Prozesssicherheit wird dieser Parameter z.B. zur Bestimmung der Selbstentzündungstemperatur von oxidierbaren Stoffen durch adiabatische Messungen benötigt, sowie zur Bestimmung des Wärmetransfers unter Lager- und Transportbedingungen gemäss des Wärmestaumodells nach Frank-Kamenetskii.

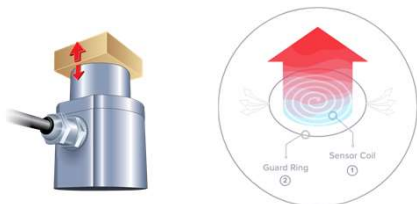


DREI SENSOREN

MTPS (Modified Transient Plane Source)



- Sprengstoffe, Flüssigkeiten, Metalle, Polymere, Feststoffe
- Bereich: 0 – 500 W/mK
- -50°C – 200°C
- Genauigkeit: < 1%
- ASTM D7984

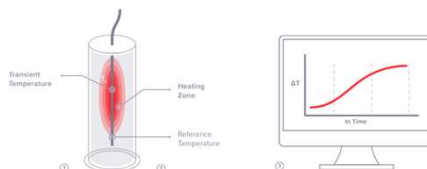


1. Das Spiralheizelement des Sensors wird mit Strom versorgt und liefert eine geringe Wärmemenge.
2. Die angelegte Strommenge führt zu einem Temperaturanstieg an der Schnittstelle zwischen Sensor und Probe, was zu einem Spannungsabfall beim Sensorelement führt.
3. Die Steigerungsrate der Sensorspannung wird verwendet, um die thermischen Eigenschaften der Probe zu bestimmen. Die Spannung ist werkseitig auf Temperatur kalibriert. Die Wärmeleitfähigkeit ist umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs an der Kontaktstelle zwischen dem Sensor und der Probe.

TLS (Transient Line Source)

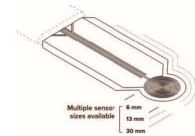


- Polymerschmelzen, halbfeste Feststoffe (nicht geeignet für Flüssigkeiten mit niedriger Viskosität)
- Bereich: 0.1 – 6 W/mK
- -55°C – 200°C
- Genauigkeit: < 3%
- ASTM D5334-D5930 / IEEE 442-1981



1. Ein in der Probe platzierter Platindraht wird elektrisch erwärmt. Der Platindraht liefert eine bekannte Wärmemenge pro Längeneinheit.
2. Die Temperaturen werden an den Positionen T1 (in der Mitte des Heizdrahtes) und T2 (an der Spitze des Fühlers) gemessen.
3. Die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs wird dann zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeit der Probe verwendet. Die Steigung der Linie ist umgekehrt proportional zur Wärmeleitfähigkeit der Probe. Die Temperatur steigt stärker an, wenn die Materialien mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (z.B. Pulver) getestet werden.

TPS (Transient Plane Source) Flex



- Zement/Beton, poröse Keramik und Polymer
- Bereich: 0.03 – 500 W/mK
- -50°C – 300°C
- Genauigkeit: < 2%
- ISO 22007-2



1. Das Spiralheizelement des Sensors wird mit Strom versorgt und liefert eine geringe Wärmemenge.
2. Die Ergebnisse eines ersten Vorversuchs werden verwendet, um die Testzeit, den Leistungspegel und die ideale Sensorgröße abzuschätzen. Das Experiment wird mit den neuen Parametern durchgeführt und ev. wiederholt, bis die richtigen Parameter identifiziert sind.
3. Das Testergebnis ist eine Darstellung der Temperatur über die Zeit.
4. Die Ergebnisse werden mit einem iterativen Lösungsverfahren analysiert, um thermische Eigenschaftsdaten wie Temperaturleitfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit zu ermitteln.

Berechnung der spezifischen Wärmekapazität:

Die Wärmekapazität wird mit folgender Formel auf die Wärmeleitfähigkeit bezogen. Der Wärmeeindringkoeffizient (e) wird ebenfalls mit dem Trident-Gerät ermittelt.

$$Cp = \frac{e^2}{k \cdot \rho}$$

Cp : spezifische Wärmekapazität [J/kgK]

k : Wärmeleitfähigkeit (gemessen mit Trident) [W/mK]

ρ : Dichte [kg/m³]

e : Wärmeeindringkoeffizient (gemessen mit Trident) [J/(m²K^{1/2}s)]

Wärmestau mit Frank-Kamenetskii-Modell (FK):

Das FK-Modell geht von der Wärmeleitung eines Festkörpers von der wärmeren Mitte zur Wand (= Umgebungstemperatur) aus. Mit diesem Modell kann der kritische Radius (r_{krit}) bzw. die maximale Grösse für einen Container zur Vermeidung einer Wärmeexplosion berechnet werden.

$$r_{krit} = \sqrt{\frac{\delta_{krit} \cdot k \cdot RT_0^2}{\rho \cdot q'_0 \cdot E}}$$

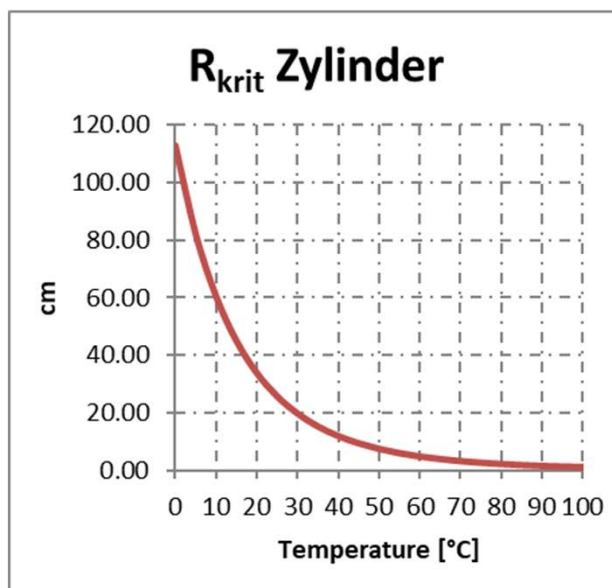
δ_{krit} : Kritikalitätsparameter [-]

R : Gaskonstante 8.314 [J/molK]

T_0 : Umgebungstemperatur [K]

q'_0 : Kritische Wärmeleistung [W/kg]

E : Aktivierungsenergie [J/mol]



Literatur:

[1] C-therm Technologies, <https://ctherm.com>

[2] Thermal Safety of Chemical Processes, Wiley-VCH, Francis Stoessel

Kontakt: Delphine Berset

Mail: Delphine.Berset@tuev-sued.ch

Ort: TÜV SÜD Process Safety

Mattenstrasse 24

CH-4002 Basel