

# APPLICATION NOTE

## Isolationsmaterialien – HFM 436

# Messung steifer Proben mit höherer Wärmeleitfähigkeit mittels HFM

Rob Cambell, Applikationslabor, NIB Burlington

### Einleitung

Die Wärmefluss-Messmethode (NETZSCH HFM 436 in Abbildung 1) wird am häufigsten angewandt zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Isolationsmaterialien wie Glasfasern, Mineralfasern und Polymerschäumen im Bereich von ca. 0,02 bis 0,1 W/(m·K) mit einer Dicke von 20 bis 100 mm. Durch besondere Vorkehrungen bezüglich Probenvorbereitung, Temperaturmessung und der Geräteeinstellungen lässt sich die HFM-Methode auch auf die Messung von Baumaterialien wie Beton, Mauerwerk, Holz, aber auch von Kunststoffen, Verbundwerkstoffen und Glas mit einer Wärmeleitfähigkeit von bis zu 2 W/(m·K) und einem thermischen Widerstand von 0,02 (m<sup>2</sup>·K)/W (siehe Beispiel in Tabelle 1) erweitern.

Bei typischen HFM-Messungen an Isolationsmaterialien kann der Temperaturunterschied über der Probe ( $\Delta T$ ) mittels der in den Oberflächen der kalten und heißen Platten eingebetteten Thermolemente gemessen und zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeit herangezogen werden.

Obwohl immer ein geringer thermischer Widerstand und Temperaturabfall zwischen den Platten und der Probe bestehen, können sie aufgrund des wesentlich höheren Widerstands der Probe und des größeren  $\Delta T$  vernachlässigt werden. Im Fall von komprimierbaren Proben wird ein guter thermischer Kontakt durch ein Komprimieren der



1 HFM 436 Lambda

Probe durch die Platten erzielt. Für steifere Proben (z.B. Polymerschäume) sind diese Kontaktwiderstände weiterhin vernachlässigbar solange die Probenoberflächen flach und parallel sind und genügend Druck durch die HFM-Platten auf die Probe aufgebracht wird.

Für Materialien mit höheren Wärmeleitfähigkeiten (>0,5 W/(m·K)) und einem thermischen Widerstand von

Tab.1 Wärmeleitfähigkeitsmessung an Zement mittels HFM 436/3 mit Erweiterungsset (Gummimatten und Probenthermolemente)

Probe	Probendicke (mm)	Stapeldruck (PSI)	Stapeldruck k(PA)	Mittlere Temperatur	Temp. $\Delta$ Platten Probe	Probendichte (kg/m <sup>3</sup> )	Thermischer Widerstand (m <sup>2</sup> ·(K/W))	Wärmeleitfähigkeit (W/(m·K))
Zement	76,25	2,0	13,8	26,1	19,2 14,3	1959	0,0617	1,24

$<0,1 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$  ist der Kontaktwiderstand von der Platte zur Probe nicht vernachlässigbar. Da diese Materialien generell steif sind und raue Oberflächen aufweisen können, kann der thermische Kontakt mit den HFM-Platten durch Luftspalte und -schichten weiter verringert werden. Um diese Effekte zu beseitigen, werden an den Oberflächen der Proben angebrachte Thermolemente und dünne Silikon-Kautschuk-Matten an den Grenzflächen zwischen Platten und Probe wie folgt verwendet.

### Probenvorbereitung

Um einen ausreichenden thermischen Widerstand und  $\Delta T$  zu erhalten, wird eine minimale Probendicke von 50 mm empfohlen. Die maximale Dicke beträgt ca. 90 mm, um genügend Platz für die Gummimatten sowie zum Einlegen und zur Entnahme der Proben zu garantieren. Die Probenoberflächen die in Kontakt mit den Platten sind, sollten so glatt und flach wie möglich, innerhalb einer Toleranz von 0,3 mm, sein. Dies mag für viele Baumaterialien eine Herausforderung sein, ist jedoch für einen guten thermischen Kontakt mit den HFM-Platten notwendig.

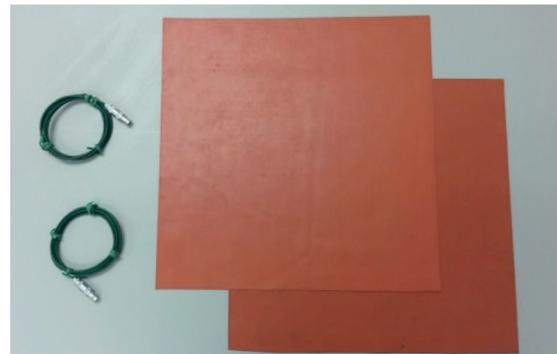
Vor dem Einlegen in das HFM sollten die Probendicken sorgfältig an verschiedenen Stellen nahe der zentralen Messfläche gemessen und der Mittelwert berechnet werden.

### HFM-Kalibrierung

Eine normale Kalibrierung mit dem mitgelieferten Glasfaser-matten-Standard ist ausreichend. Eine Kalibrierung mit den Proben-thermoelementen und den Gummimatten oder mit einer Probe mit höherer Wärmeleitfähigkeit ist nicht nötig. Tests haben gezeigt, dass die Kalibrierung eines Wärmeflussmessgeräts mittels des Glasfasermatten-Standards über einen weiten Bereich des thermischen Widerstands gültig ist.

### Technik – NETZSCH HFM 436/3 mit optionalem Erweiterungsset

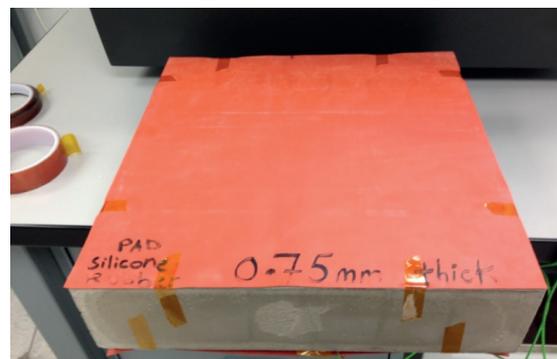
- Zwei Thermolemente und zwei Silikonkautschuk-Grenzflächenmatten sind im Lieferumfang enthalten (Abbildung 2). Markieren Sie den Mittelpunkt der Probenoberfläche auf jeder Seite, platzieren Sie das Ende des oberen und unteren Thermolements nahe dieser Markierung und kleben Sie diese wie in Abbildung 3 gezeigt fest.



2 Erweiterungsset



3 Anbringen des Proben-thermoelements



4 Anbringen der Silikon-Kautschukmatten

- Platzieren Sie die Gummimatten auf jeder Seite der Probe über die Oberflächen-Thermolemente und kleben Sie diese in Richtung der Probenkanten fest, wie in Abbildung 4 gezeigt. Das Klebeband verhindert eine Verschiebung oder ein Knicken der Verbindungen während der Probenbestückung.

- Bringen Sie die Proben in die HFM-Kammer ein und senken Sie die HFM-Platte so lange ab, bis sie automatisch stoppt (maximaler Plattendruck). Falls Sie ein Gerät mit variabler Kraftfunktion haben, wird zur Verbesserung des thermischen Kontakts ein Plattendruck von ca. 2 PSI (ca. 4 kPa) empfohlen.
- Verbinden Sie das obere Probenthermoelement mit dem linken Anschluss (Erweiterungsset) und das untere Probenthermoelement mit dem rechten Anschluss. Schließen Sie die Tür des HFM.

### Q-Lab-Software

- Bei der Probendefinition muss die zuvor gemessene Dicke manuell in Zentimeter eingegeben werden. Die Probendicke wird zur Berechnung der

Wärmeleitfähigkeit herangezogen. Bitte beachten Sie, dass bei der im Gerät integrierten automatischen Dickenbestimmung (Gauge Thickness) jetzt die Dicke der Gummipplatten mitgemessen wird.

Abhängig vom thermischen Widerstand der Probe ist eine geringere Temperatur-Differenz ( $\Delta T$ ) zu definieren, um eine Sättigung der Wärmeflussensoren Q Upper und Q Lower zu vermeiden. So ist z.B. für Betonproben (Dicke von 50 mm, Wärmeleitfähigkeit  $> 1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) ein  $\Delta T$  von 10 K oder weniger (über der Probe) erforderlich. Die Temperaturdifferenz muss so gewählt werden, dass der Ausgabewert von Q Upper und Q Lower um oder unter  $32000 \mu\text{V}$  liegt. Bei der Untersuchung unbekannter Proben kann es erforderlich sein, mehrere Messpunkte mit unterschiedlichen Temperaturdifferenzen ( $\Delta T$ ) zu definieren. Dabei wird ein minimaler Wert von 4 K empfohlen.