

Präzise Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von PTFE mit dem Guarded Heat Flow Meter TCT 716 *Lambda*®

Brad Hammond und Nate Martin, Applications Laboratory Burlington, MA, USA

Einführung

PTFE (Polytetrafluoroethylen), auch als Teflon® bezeichnet, ist ein thermoplastisches Polymer, das für seine hervorragende Beständigkeit gegen Chemikalien und Hitze bekannt ist. Es wird in verschiedenen Bereichen eingesetzt, z. B. in Kochgeschirr, elektrischen Isolierungen, medizinischen und Laborgeräten, Schmiermitteln, Dichtungen und Dichtungsmaterialien. Zudem können Füllstoffe in PTFE eingearbeitet werden, um dessen Eigenschaften zu modifizieren. So werden beispielsweise häufig Glasfüllstoffe zugesetzt, um die thermischen und mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Daher ist die Kenntnis des thermischen Verhaltens von ungefülltem und gefülltem PTFE über den gesamten Einsatztemperaturbereich für die Entwicklung solcher Materialien von grundsätzlicher Bedeutung.

Messbedingungen

Die Wärmeleitfähigkeit wurde mit dem geschützten Wärmeflussmesser (GHFM) TCT 716 *Lambda*® bestimmt. Bei diesem stationären Verfahren wird eine Probe bekannter Dicke zwischen zwei Platten gelegt, die auf unterschiedlichen Temperaturen gehalten werden, so dass Wärme durch die Probe fließen kann. Der Wärmestrom durch die Dicke der Probe wird gemessen und die Wärmeleitfähigkeit berechnet.

Die GHFM-Methode unterscheidet sich von anderen Methoden zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit dadurch, dass sie besonders gut für traditionell schwierige Proben geeignet ist, z. B. für inhomogene, anisotrope Materialien wie Mehrschicht- und Verbundproben [1]. Neben den eher üblichen homogenen Materialien kann die GHFM auch die Wärmeleitfähigkeit von geschichteten oder gefüllten Materialien (z.B. glasfasergefüllte Polymere) genau bestimmen.

Für diese Untersuchung wurden PTFE-Proben (Tabelle 1) von zwei verschiedenen Herstellern bezogen, darunter von einem Hersteller eine ungefüllte sowie eine glasfasergefüllte PTFE-Probe. Jede Testprobe hatte einen Durchmesser von ca. 50 mm und eine Dicke von 3 mm. Eine Zusammenfassung der Probeninformationen ist in der folgenden Tabelle enthalten. Die Messungen wurden in einem Temperaturbereich von ca. -10 °C bis 200 °C durchgeführt und die Kalibrierung erfolgte mit Vespel® SP-1. Zwischen den Proben und den Geräteplatten wurde eine dünne Schicht einer Silikon-Wärmeleitpaste aufgetragen, um den Grenzflächenwiderstand zu minimieren. Während der Prüfung wurde ein Druck von ca. 175 kPa auf die Proben ausgeübt.

Tabelle 1 Proben

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Material	Ungefülltes PTFE	Ungefülltes PTFE	Glasfasergefülltes PTFE
Hersteller	A	B	B
Probendicke	2,90 mm	3,20 mm	3,15 mm
Probendichte	2,118 g/cm ³	2,166 g/cm ³	2,172 g/cm ³

Ergebnisse und Analyse

Die Ergebnisse der scheinbaren Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur für die untersuchten Proben sind in Abbildung 1 dargestellt. Die ungefüllten Proben 1 und 2 der Hersteller A (blaue Kurve) und B (orange Kurve) entsprechen dem erwarteten Literaturwert, der bei Raumtemperatur bei ca. 0,27 W/(m·K) liegt [2]. Probe 2 besitzt jedoch eine höhere Dichte als Probe 1, was zu einer entsprechenden Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit führt. Erwartungsgemäß weist die Probe mit Glasfaserfüllung (Probe 3, grüne Kurve) eine deutlich höhere Wärmeleitfähigkeit auf. Darüber hinaus ist bekannt, dass PTFE bei Raumtemperatur einen Fest-Fest-Phasenübergang durchläuft [3], was sich in der merklichen Änderung der scheinbaren Wärmeleitfähigkeit in diesem Temperaturbereich widerspiegelt. (Es ist zu beachten, dass in diesem Phasenumwandlungsbereich Wärme vom Material absorbiert wird, deren Auswirkungen nicht Gegenstand dieser Application Note sind). Oberhalb des Phasenumwandlungsbereichs ist der Einfluss der Temperaturerhöhung auf die Wärmeleitfähigkeit minimal [4].

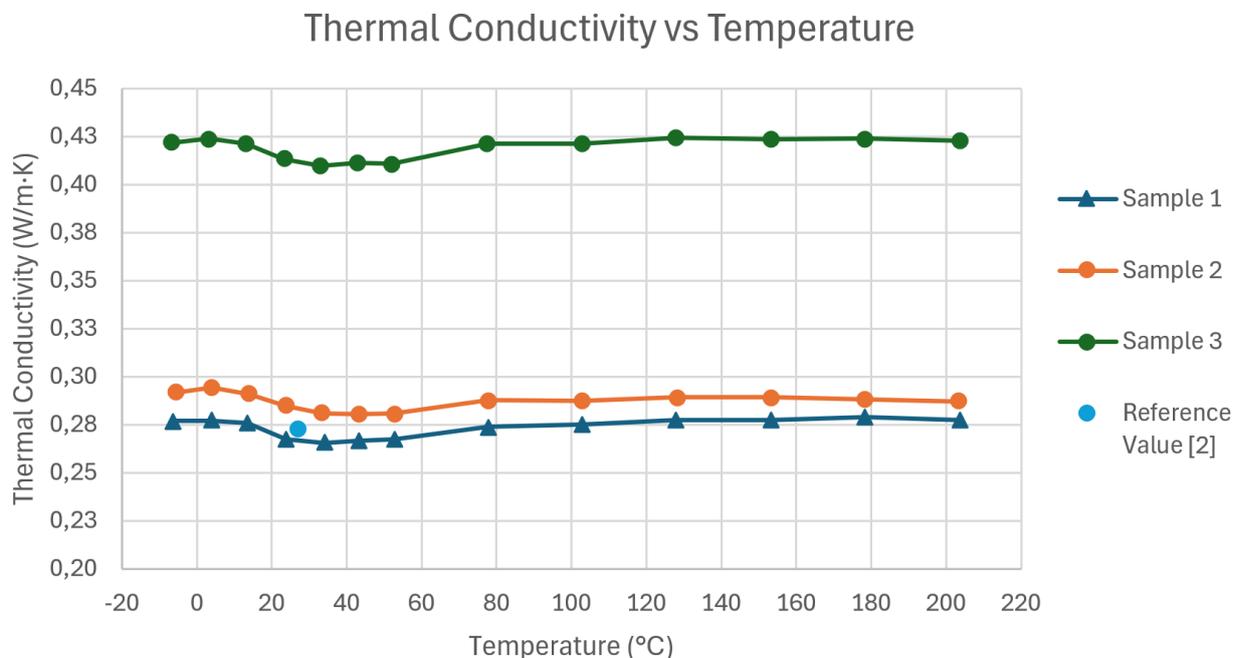
Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass die ungefüllten Proben beider Hersteller mit den erwarteten Wärmeleitfähigkeitswerten

für ungefülltes PTFE aus der Literatur übereinstimmen. Die Probe mit höherer Dichte zeigte eine höhere und die Probe mit Glasfaserfüllung eine noch höhere Wärmeleitfähigkeit. Darüber hinaus durchläuft PTFE bei Raumtemperatur eine Fest-Fest-Phasenumwandlung, was sich in der Änderung der Wärmeleitfähigkeit widerspiegelt. Oberhalb dieser Phasenumwandlung war der Einfluss der Temperatur auf die Wärmeleitfähigkeit minimal. Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass das TCT 716 *Lambda*[®] sehr effektiv für die Analyse der thermischen Eigenschaften von ungefülltem und gefülltem PTFE ist.

Referenzen

- [1] ASTM E1530-19, Standard Test Method for Evaluating the Resistance to Thermal Transmission of Materials by Guarded Heat Flow Meter Technique
- [2] Marquardt, E.D., Le, J.P. and Radebaugh, R., Cryogenic Material Properties Database, Cryocoolers 11
- [3] Plenum Press, New York (2000) 681-687 Villani, Vincenzo (1990) A study on the thermal behaviour and structural characteristics of polytetrafluoroethylene. *Thermochimica Acta*, 162. 189-193
- [4] Blumm, J., Lindemann, A., Meyer, M. et al. Characterization of PTFE Using Advanced Thermal Analysis Techniques. *Int J Thermophys* 31, 1919–1927 (2010)



1 Wärmeleitfähigkeit gegen die Temperatur