

Wärmeleitfähigkeit eines TECAPEEK®-Materials mittels Guarded Heat Flow Meter und der Laser Flash-Methode

Brad Hammond, Jill Kelley, Purnima Barua und Dr. Mitchell Ross, NIB Applications Laboratory



1 TECAPEEK® GF30 natural [1]

Einleitung

Polyetheretherketon (PEEK) ist ein Hochleistungsthermoplast, der aufgrund seiner hervorragenden thermischen Stabilität, mechanischen Festigkeit und chemischen Beständigkeit häufig in anspruchsvollen technischen Anwendungen zum Einsatz kommt. Häufig verwendete kommerzielle Typen sind TECAPEEK® natural und das glasfaserverstärkte TECAPEEK® GF30 natural (Abbildung 1) aus dem Hause Ensinger, mit denen sich die Materialeigenschaften an spezifische Anwendungen anpassen lassen.

TECAPEEK® natural ist eine ungefüllte PEEK-Sorte mit einer Dichte von ca. 1,31 g/cm³, TECAPEEK® GF30 natural enthält 30 % Glasfasern und weist eine Dichte von ca. 1,53 g/cm³ auf. Beide Werkstoffe ermöglichen Langzeitbetriebstemperaturen von ~250 bis 260 °C und weisen angegebene Wärmeleitfähigkeiten von ~0,29 W/(m·K) (TECAPEEK® natural) bzw. ~0,30 W/(m·K) (TECAPEEK® GF30 natural) auf [2, 3].

In dieser Application Note wird die Wärmeleitfähigkeit von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural im Temperaturbereich von -10 °C bis 250 °C mithilfe eines NETZSCH Guarded-Heat-Flow-Meters TCT 716

Lambda und einer NETZSCH Laser-Flash-Apparatur 717 HyperFlash® untersucht. Die untersuchten Werkstoffe wurden von Ensinger als handelsübliche Lagerware bereitgestellt, wodurch eine direkte Relevanz für praktische Anwendungen gewährleistet ist. Dieser Temperaturbereich spiegelt typische Einsatzbedingungen in Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Elektrotechnik und der chemischen Verarbeitung wider. In diesen Bereichen beeinflussen thermische Transporteigenschaften die Wärmeableitung und die Zuverlässigkeit von Bauteilen. Die in dieser Application Note vorgestellten Versuchsdaten bieten Ingenieuren unabhängige Informationen zu handelsüblichen Werkstoffen und können als Grundlage für Konstruktionsentscheidungen dienen, wenn entsprechende Daten nicht verfügbar sind.

Experimenteller Teil

Die GHFM-Methode ermöglicht die direkte Messung der Wärmeleitfähigkeit im stationären Zustand und eine unkomplizierte Bewertung des Wärmetransports unter Gleichgewichtsbedingungen. Im Gegensatz dazu ist die LFA-Methode ein transientes Verfahren, mit dem die Temperaturleitfähigkeit (α) gemessen wird. Sie spiegelt die Rate wider, mit der sich Wärme durch ein Material ausbreitet. Um die Wärmeleitfähigkeit (λ) mit dieser Technik zu bestimmen, wird die gemessene Temperaturleitfähigkeit mit der unabhängig ermittelten spezifischen Wärmekapazität (c_p) und der Dichte (ρ) kombiniert. Diese vier Eigenschaften stehen in folgender Beziehung zueinander:

$$\lambda = \alpha \cdot c_p \cdot \rho$$

Dieser kombinierte Ansatz ermöglicht eine Kreuzvalidierung zwischen direkt gemessenen und berechneten Wärmeleitfähigkeitswerten und erhöht somit die Zuverlässigkeit der Messergebnisse.

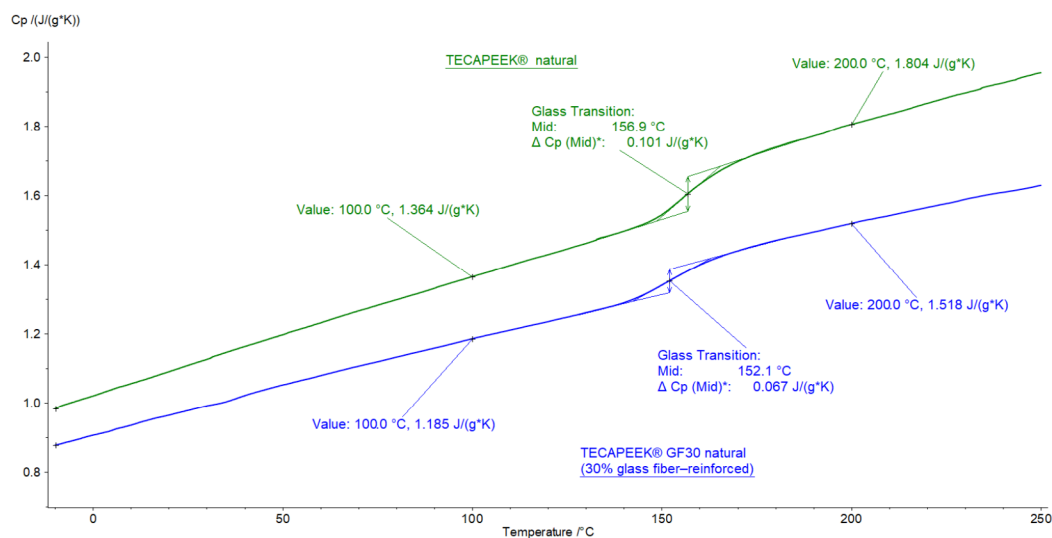
APPLICATIONNOTE Wärmeleitfähigkeit eines TECAPEEK®-Materials mittels Guarded Heat Flow Meter und der Laser Flash-Methode

Die spezifische Wärmekapazität wurde mit dem dynamischen Differenzkalorimeter DSC 300 *Caliris*® bestimmt, während die temperaturabhängige Dichte anhand von Wärmeausdehnungsmessungen mit dem NETZSCH-Dilatometer 402 *Expedis*® ermittelt wurde.

Die Messungen wurden im Temperaturbereich von -10 °C bis 250 °C durchgeführt, um das Verhalten unter typischen Einsatzbedingungen, einschließlich des Glasübergangsbereichs, zu erfassen.

Ergebnisse und Diskussion

Die temperaturabhängige spezifische Wärmekapazität (c_p) von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural wurde für die Verwendung in LFA-basierten Wärmeleitfähigkeitsberechnungen gemessen (siehe Abbildung 2). Über den gesamten Temperaturbereich weist das ungefüllte Material höhere c_p -Werte auf als das glasfaserverstärkte Material. Dies ist auf den geringeren Beitrag der anorganischen Fasern zur Wärmekapazität zurückzuführen. Beide Werkstoffe weisen einen deutlichen Glasübergang auf. TECAPEEK® natural erreicht dabei einen Midpoint von etwa 157 °C, TECAPEEK® GF30 natural einen etwas niedrigeren von 152 °C. Das Glasübergangsverhalten von PEEK lässt sich auch mittels temperaturmodulierter DSC-Messung überwachen [4].



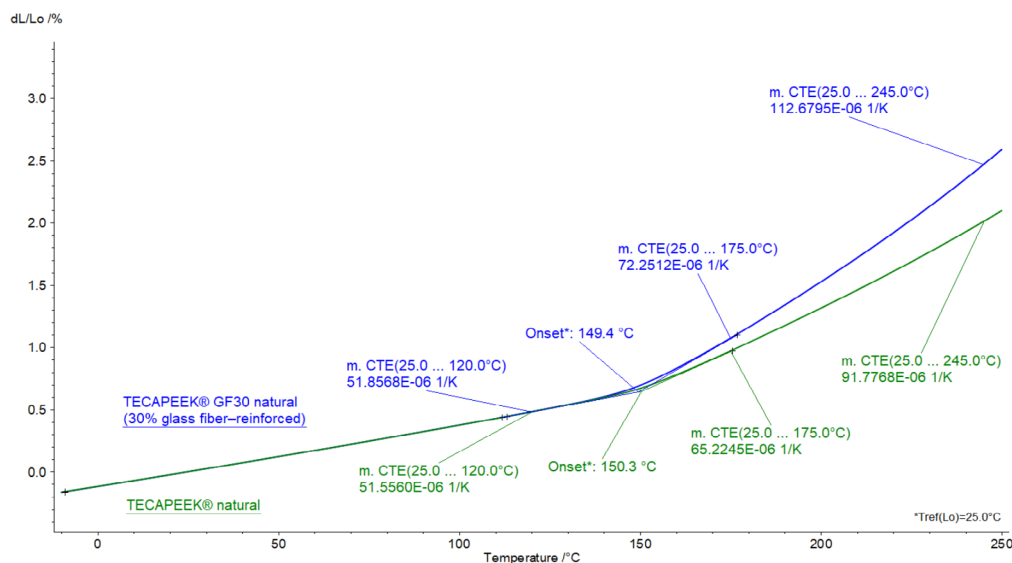
2 Temperaturabhängige c_p von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural, bestimmt mittels DSC.

APPLICATIONNOTE Wärmeleitfähigkeit eines TECAPEEK®-Materials mittels Guarded Heat Flow Meter und der Laser Flash-Methode

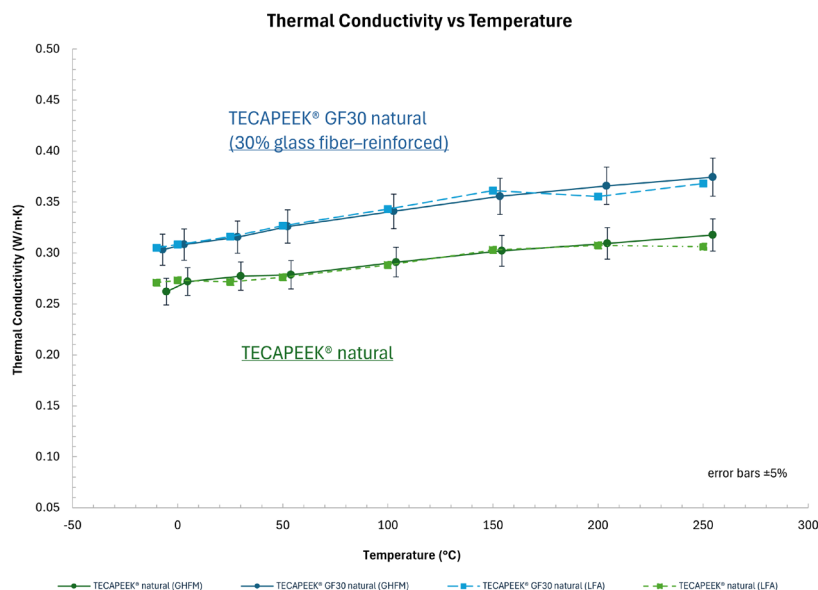
Um die Probendicke bei der Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit sowie die Dichte bei der Berechnung der Wärmeleitfähigkeit zu korrigieren, wurde die temperaturabhängige Wärmeausdehnung von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural gemessen (Abbildung 3). Eine weitere Analyse dieser Daten liefert jedoch auch wertvolle Einblicke in das Materialverhalten. So ist nahe der Glasübergangstemperatur (T_g) ein ausgeprägter Anstieg der Ausdehnung zu beobachten, da eine erhöhte Kettenbeweglichkeit zu einem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten führt. Beim glasfaserverstärkten Werkstoff wird die Ausdehnung stark durch Anisotropie beeinflusst. Diese resultiert aus der

Faserorientierung, der Mikrostruktur und der Verarbeitungsgeschichte und führt zu einem von der Faserrichtung abhängigen Verhalten [5].

Die mit GHFM und LFA ermittelten Wärmeleitfähigkeitsmessungen zeigen über den gesamten Temperaturbereich eine gute Übereinstimmung. Dabei weisen beide Werkstoffe eine mit steigender Temperatur zunehmende Wärmeleitfähigkeit auf (siehe Abbildung 4). TECAPEEK® GF30 natur weist durchweg eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf als TECAPEEK® natur. Dies ist auf die durch die Glasfasern verbesserten Wärmeübertragungswege zurückzuführen.



3 Temperaturabhängige Ausdehnung von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural, bestimmt mittels Dilatometrie.



4 Wärmeleitfähigkeit (W/m·K) von TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural, gemessen mittels GHFM und LFA.

APPLICATIONNOTE Wärmeleitfähigkeit eines TECAPEEK®-Materials mittels Guarded Heat Flow Meter und der Laser Flash-Methode

Die in dieser Untersuchung ermittelten Ergebnisse zur Wärmeleitfähigkeit stimmen zudem gut mit den in der NETZSCH Application Note 327 [5] berichteten Werten überein, insbesondere hinsichtlich der absoluten Werte und der temperaturabhängigen Trends. In der Application Note 327 zeigen die durch direkte GHFM-Messung und indirekte LFA-Berechnungen ermittelten Wärmeleitfähigkeitswerte eine enge Korrelation, sofern korrekte Eingabewerte für c_p und die Dichte verwendet werden. In ähnlicher Weise zeigt die vorliegende Arbeit eine hervorragende Übereinstimmung zwischen den GHFM- und LFA-Ergebnissen über den gesamten Temperaturbereich, wobei die Abweichungen innerhalb der typischen experimentellen Unsicherheit bleiben. Insgesamt bestätigt die gute Übereinstimmung zwischen dieser Studie und früheren Arbeiten die Zuverlässigkeit der GHFM- und LFA-Methoden und belegt die Anwendbarkeit dieser Methoden sowohl auf ungefüllte als auch auf glasfaserverstärkte PEEK-Systeme

Zusammenfassung

Die Wärmeleitfähigkeit der Materialien TECAPEEK® natural und TECAPEEK® GF30 natural wurde im Temperaturbereich von -10 °C bis 250 °C mithilfe eines Guarded Heat Flow Meters (GHFM) und der Laser-Flash-Analyse (LFA) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wärmeleitfähigkeit bei beiden Werkstoffen mit steigender Temperatur zunimmt. Aufgrund der verbesserten Wärmeübertragung durch die Glasfaserverstärkung weist TECAPEEK® GF30 natural eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf. Die gute Übereinstimmung der GHFM- und LFA-Ergebnisse sowie die Übereinstimmung mit früheren NETZSCH-Studien belegen die Zuverlässigkeit dieser Methoden zur thermischen Charakterisierung.

References

- [1] EnsingerPlastics.com. (2026). PEEK unfilled - TECAP-EEK natural.
<https://www.ensingerplastics.com/en-us/shapes/peek-tecapeek-natural>
- [2] Ensinger, TECAPEEK® natural polyetheretherketone – Stock Shapes (Rods, Plates, Tubes), Technical Data Sheet, Version A6, April 8, 2025.
- [3] Ensinger, TECAPEEK® GF30 natural – Stock Shapes (Rods, Plates, Tubes), Technical Data Sheet, Version A3, August 28, 2020.
- [4] NETZSCH Applications Laboratory, Investigation of the Glass Transition–Crystallization–Melting Behaviors of PEEK Films Using the TM-DSC Method, Application Note 360, 2025. [Link to AN 360](#)
- [5] Khina, A. G.; Bulkatov, D. P.; Storozhuk, I. P.; Sokolov, A. P. Coefficient of Linear Thermal Expansion of Polymers and Polymer Composites: A Comprehensive Review. *Polymers* 2025, 17, 3097
- [6] NETZSCH Applications Laboratory, Determination of the Thermal Conductivity by Means of TCT – Straightforward through Direct Measurement, Application Note 327, 2024. [Link to AN 327](#)

Danksagung

Wir danken Ensinger Plastics für die Bereitstellung der in dieser Arbeit untersuchten Proben.