

APPLICATION NOTE

Heat Build-Up-Tests – einfach durchzuführen dank des modularen Konzepts der EPLEXOR®-Serie

Dr. Horst Deckmann, Dr.-Ing. Herbert Mucha und Dr. Gabriele Kaiser

Einleitung

Dynamische Heat Build-Up-Tests tragen zum besseren Verständnis der thermischen Eigenschaften von Elastomeren bei. Bei diesen Untersuchungen werden auf eine Probe eine konstante Last, eine Frequenz von 30 Hz und Deformationsamplituden von mehreren mm aufgebracht (gemäß DIN 53 533 und ASTM D623-99). Dadurch entsteht eine innere Reibung, die die Umwandlung von Energie in Wärme und somit einen Anstieg der Probentemperatur mit sich bringt. Desweiteren erfährt die Probe eine Verformung (thermal set).

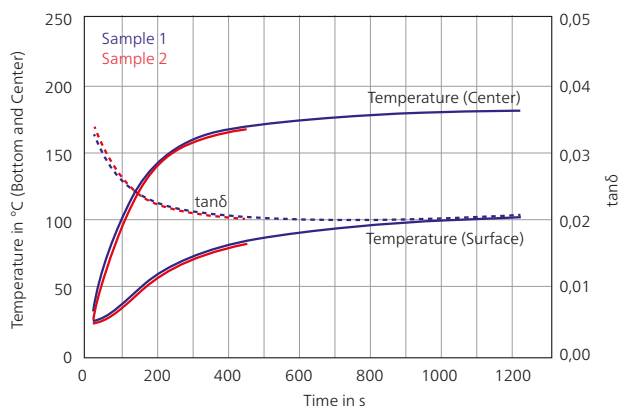
Heat Build-Up-Tests sind relevant für Reifen/Gummimaterialien, die während der Anwendung einer hohen Druckbelastung unterliegen. Die geeignete Apparatur zur Durchführung solcher Experimente ist das GABOMETER, ein modifiziertes EPLEXOR®-System. Es wird als universelles Flexometer betrieben, da es alle Eigenschaften eines klassischen Goodrich-Flexometers bietet und zusätzlich mechanische Materialdaten wie E-Modul und Dämpfung ($\tan\delta$) liefert.

A) Reproduzierbarkeit der Messergebnisse

Da mögliche Unterschiede in der Materialbeschaffenheit der verschiedenen Probenchargen gefunden werden sollen, ist eine hohe Reproduzierbarkeit der mit dem Flexometer erhaltenen Messergebnisse unerlässlich. Abbildung 1 zeigt einen Reproduzierbarkeitstest für GABOMETER-Systeme an zwei Proben derselben Charge.

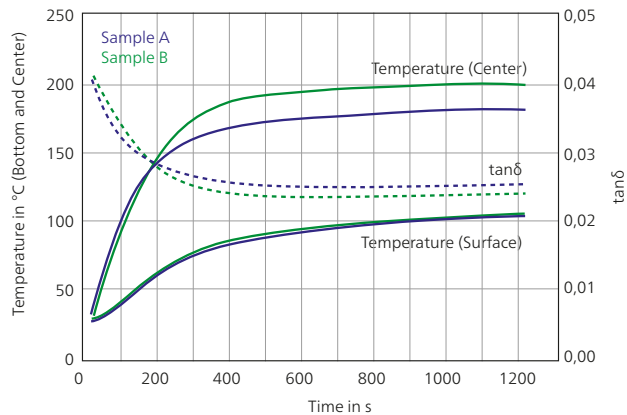
Zwei Probekörper (selbe Charge – zylindrische Proben für Kompression) wurden unabhängig voneinander, jedoch unter identischen Lastbedingungen, gemessen. Die Ergebnisse des Heat-Build-Up-Tests weisen unterschiedliche Temperaturen in der Probenmitte und an der Probenoberfläche auf. Für die Temperaturmessung in der Probenmitte wurde ein nadelförmiges Thermoelement verwendet, das in Abbildung 3 dargestellt ist.

Die Messung der Temperatur an der Probenoberfläche erfolgte an der Probenoberseite mittels eines Thermoelements, das in den oberen, thermisch isolierten Teil des Probenhalters für Heat Build-Up-Tests eingebettet ist. Die Messungen von $\tan\delta$ (Materialdämpfung) zeigen – genau wie die Temperaturdaten – eine hervorragende Reproduzierbarkeit.



1 Reproduzierbarkeitstest an zwei Probekörpern (der gleichen Charge), gemessen unter identischen Bedingungen; Kompressionsmodus, Frequenz: 30 Hz; die Temperatur in der Probenmitte wurde mittels nadelförmigem Thermoelement (siehe Abbildung 3) bestimmt.

APPLICATION NOTE Heat Build-Up-Tests – einfach durchzuführen dank des modularen Konzepts der EPLEXOR®-Serie



2 Vergleich des Heat Build-Up-Effekts der zwei Gummimischungen A (blau) und B (grün), Kompressionsmodus

B) Vorteile bei Verwendung eines zusätzlichen Temperatursensors (Nadelthermoelement)

Heat Build-Up-Tests werden heute üblicherweise mit Goodrich-Flexometern durchgeführt. Konventionelle Flexometer besitzen jedoch häufig Probleme mit der Auflösung und Reproduzierbarkeit. Dank der Modularität des EPLEXOR-Designs lassen sich in der entsprechenden Konfiguration auch Heat Build-Up-Tests durchführen. Das GABOMETER® ist eine der wirtschaftlichsten Lösungen für solche HBU-Tests. Das zusätzliche nadelartige Thermoelement zur Messung der Temperatur in der Probenmitte liefert Materialinformationen, die so nicht zugänglich wären.

Die Messung der Oberflächentemperatur ist in ASTM D623 beschrieben; über den Anstieg der Oberflächentemperatur als Funktion der Zeit gelingt es jedoch nicht immer, zwei Proben voneinander zu unterscheiden (siehe Abbildung 2). Nur durch Verwendung des zusätzlichen nadelartigen Temperatursensors kann die Temperatur in der Probenmitte genau ermittelt werden. Die Temperatur in der Mitte wird am wenigsten von Energieverlusten über die äußeren Oberflächen beeinflusst. Deshalb ist sie für die Bestimmung von Temperaturunterschieden, verursacht durch den Heat Build-Up-Effekt, sehr empfindlich. Die unterschiedliche Umwandlung von Energie in Wärme in den Proben A und B führt zu Temperaturunterschieden, die in der Mitte der Proben am ausgeprägtesten sind. Die Messung der Kerntemperatur erlaubt daher die Unterscheidung zwischen den Gummimischungen A und B, wie im Beispiel (Abbildung 2) gezeigt.

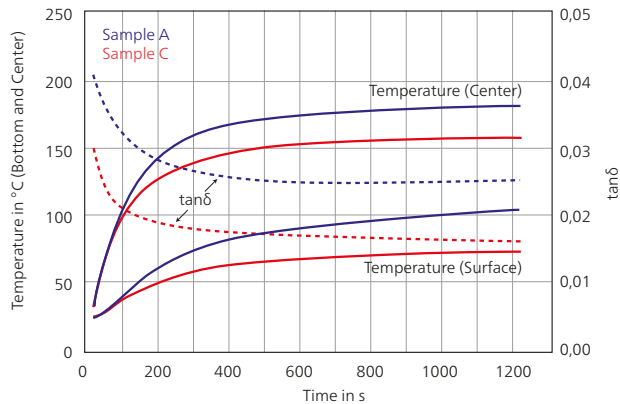
Was ist der Grund für diesen Unterschied?

Die Basiskomponenten der Proben A und B sind identisch, beinhalten jedoch unterschiedliche Rußtypen. Der in Probe A enthaltene Ruß weist eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf und verursacht höhere Wärmeverluste über die Oberfläche. Dementsprechend fällt die Kerntemperatur im Fall von Probe A weiter ab als im Fall der Probe B, die einen Rußtyp mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit enthält. Die Kerntemperatur wird reduziert; die Lebensdauer der Gummimischung wird durch die geringere Wärmeentwicklung verbessert.



3 Probenanordnung mit Nadelthermoelement

APPLICATIONNOTE Heat Build-Up-Tests – einfach durchzuführen dank des modularen Konzepts der EPLEXOR®-Serie



4 Vergleich der Gummimischungen A (blau) und C (rot), Kompressionsmodus

C) Vorteile durch Aufzeichnen von $\tan\delta$

Abbildung 4 zeigt ein weiteres Beispiel einer Heat Build-Up-Prüfung. Für diesen Versuch wurden die sehr unterschiedlichen Gummimischungen A und C verglichen. Probe A weist einen Wärmeaufbau auf, der um ca. 20 °C über der entsprechenden Temperatur von Probe C liegt.

Infolgedessen sind auch die Dämpfungseigenschaften ($\tan\delta$) des Polymers recht unterschiedlich. Mischung C zeigt ein viel geringeres Dämpfungsverhalten als Mischung A. Material C kann den dynamischen Deformationen aufgrund seiner niedrigeren mechanischen Dämpfungsverluste ($\tan\delta$) besser folgen als Material A.

Zusammenfassung

Die EPLEXOR®-Systeme 2000 N oder 4000 N mit GABOMETER-Erweiterung sowie die universellen GABOMETER®-Flexometer 2000 N und 4000 N ersetzen das klassische Goodrich-Flexometer und eröffnen dem Anwender zusätzliche Vorteile. Das funktionsfähige Nadelthermoelement zur Messung der Kerntemperatur verbessert wesentlich die Empfindlichkeit des Systems, um Heat Build-Up-Effekte zu detektieren und ermöglicht ein besseres Bild der Materialeigenschaften. Materialien, die andernfalls in Bezug auf Heat Build-Up-Effekte nicht unterscheidbar wären, können durch Einsatz des Nadelthermoelements unterschieden werden.

Im Gegensatz dazu erhält man durch alleinige Verwendung der Oberflächentemperatur gemäß ASTM D623 viel weniger Informationen.

Dank ihres modularen Designs können die GABOMETER®-Systeme aufgerüstet werden – zum einen für die Bestimmung der viskoelastischen Materialeigenschaften und zum anderen für den Erhalt der vollen DMTA-Funktionalität. Nachrüstungen dieser Art können jederzeit nach der Installation erfolgen.