DK 678:620.178.322.4 August 1986

Prüfung von polymeren Werkstoffen

Torsionsschwingungsversuch

DIN 53 445

Testing of polymer materials; torsion pendulum test

Ersatz für Ausgabe 11.65 und DIN 53 520/01.69

Zusammenhang mit den von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Normen ISO 537 – 1980 und ISO 4663 – 1984 siehe Erläuterungen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1
2 Begriffe	1
2.1 Schubmodul	1
2.2 Logarithmisches Dekrement	1
3 Kurzbeschreibung des Verfahrens	2
4 Geräte	2
4.1 Torsionsschwingungsgerät	2
4.2 Temperiereinrichtung	3
4.3 Dickenmeßgerät	3
4.4 Breitenmeßgerät	3
4.5 Längenmeßgerät	3
5 Probekörper	3
5.1 Herstellung	3
5.2 Form und Maße	3
5.3 Anzahl	3
5.4 Konditionierung	3
6 Durchführung	3
6.1 Bestimmung der Probekörpermaße	3
6.2 Einspannen des Probekörpers	4
6.3 Temperierung des Probekörpers	4
6.4 Anregung der Schwingung	4
7 Auswertung	4
7.1 Berechnung des Schubmoduls	4
7.2 Berechnung des logarithmischen Dekrements	5
7.3 Berechnung der Scherung	5
8 Prüfbericht	5
Zitierte Normen	6
Weitere Normen und andere Unterlagen	6
Erläuterungen	7

1 Anwendungsbereich und Zweck

Nach dieser Norm wird das viskoelastische Verhalten von polymeren Werkstoffen in Abhängigkeit von der Temperatur bei niedrigen Frequenzen (von etwa 0,1 bis etwa 10 Hz) und kleinen Verformungsamplituden mit freien Torsionsschwingungen untersucht. Dieser Torsionsschwingungsversuch eignet sich zur Feststellung der Temperaturbereiche, in denen sich der Werkstoff stahlelastisch (energieelastisch) oder gummielastisch (entropieelastisch) bzw. viskos verhält und in denen er vom einen Zustand in den anderen übergeht (Übergangsbereich). Damit ist es möglich, polymere Werkstoffe auf Grund der Temperaturabhängigkeit ihres mechanischen Verhaltens zu klassifizieren (siehe DIN 7724).

Der Versuch bei nur **einer** Temperatur kann nur als Abnahmeprüfung für polymere Stoffe dienen, deren umfassendes Verhalten bekannt ist.

Die nach dieser Norm ermittelten Werte von Schubmodul G und logarithmischem Dekrement Λ sind Materialkennwerte. Sie können bei Wiederholung der Prüfung gut reproduziert werden, stimmen aber mit den nach anderen Verfahren ermittelten Werten (siehe DIN 53513) nicht unbedingt überein.

2 Begriffe

2.1 Schubmodul

Der Schubmodul G nach dieser Norm ist der Quotient aus der Amplitude der Schubspannung und der Amplitude der Scherung. Er wird nach dieser Norm aus der Frequenz der bei kleinen Deformationen durchgeführten freien Torsionsschwingungen berechnet und ist ein Maß für die Werkstoff-Steifigkeit.

2.2 Logarithmisches Dekrement

Das logarithmische Dekrement Λ ist der natürliche Logarithmus des Verhältnisses zweier um eine Periodendauer auseinanderliegender Schwingungsamplituden. Das zum Probekörper gehörende logarithmische Dekrement Λ ist ein Maß für die innere Dämpfung des Werkstoffes.

Anmerkung: Der mechanische Verlustfaktor d ist mit dem logarithmischen Dekrement Λ durch die näherungsweise geltende Beziehung

$$d \approx \Lambda/\pi$$

verknüpft (siehe Erläuterungen).

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Kunststoffe (FNK) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Kautschuktechnik (FAKAU) im DIN
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN 53445:1986-08

3 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Ein streifenförmiger Probekörper aus dem zu untersuchenden Werkstoff stellt eine gedämpfte Feder dar, die am einen Ende fest eingespannt und am anderen Ende mit dem Schwungkörper verbunden ist.

In der vorliegenden Norm wird festgelegt:

Verfahren A:

Der Schwungkörper wird vom Probekörper getragen (siehe Bild 1). Probekörper und Schwungkörper bilden zusammen den Torsionsschwinger.

Verfahren B:

Der Schwungkörper befindet sich oberhalb des Probekörpers und wird zu dessen Entlastung durch einen Draht getragen (siehe Bild 2). In diesem Fall gehört zum Torsionsschwinger auch der Draht.

Nachdem der Torsionsschwinger einmalig ausgelenkt worden ist, führt er freie gedämpfte Torsionsschwingungen aus. Aus der Frequenz der Schwingungen wird der Schubmodul und aus der Abnahme der Schwingungsamplituden das logarithmische Dekrement berechnet.

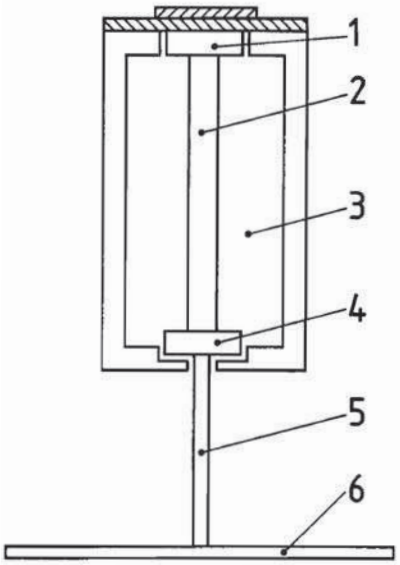
Anmerkung: Bei den verschiedenen Anordnungen (siehe auch das in den Erläuterungen angeführte Verfahren C) treten im allgemeinen verschiedene Frequenzen und Schwingunsamplituden auf, so daß in der Regel am selben Probekörper unterschiedliche Prüfergebnisse erhalten werden können. Ein Vergleich der Meßergebnisse ist jedoch zulässig, wenn die Meßfrequenz und die Anfangsamplitude für die Auslenkung bei allen Messungen gleich ist.

Außerdem muß darauf geachtet werden, daß auf den Probekörper die gleiche Zugspannung wirkt. Empfehlenswert ist es, die Messungen im gesamten Temperaturbereich bei annähernd konstanter Frequenz von z. B. 1 Hz ± 10 % und einer möglichst kleinen Zugspannung durchzuführen.

4 Geräte

4.1 Torsionsschwingungsgerät

Es kann jedes Gerät verwendet werden, das gestattet, den Schubmodul und das logarithmische Dekrement bei freien Torsionsschwingungen in Abhängigkeit von der Temperatur zu bestimmen. Dabei soll über den gesamten Probekörper die Temperatur nicht mehr als ± 1 K vom Mittelwert abweichen. In Bild 1 und Bild 2 sind schematisch Beispiele für geeignete Torsionsschwingungsgeräte dargestellt:



1 obere Einspannklemme mit fixierter Achse
2 Probekörper
3 Temperierkammer
4 untere Einspannklemme
5 Verbindungsstab
6 Schwungscheibe
4, 5, 6 Schwungkörper

Bild 1. Schema eines Torsionsschwingungsgerätes nach Verfahren A. Der Schwungkörper wird vom Probekörper getragen.

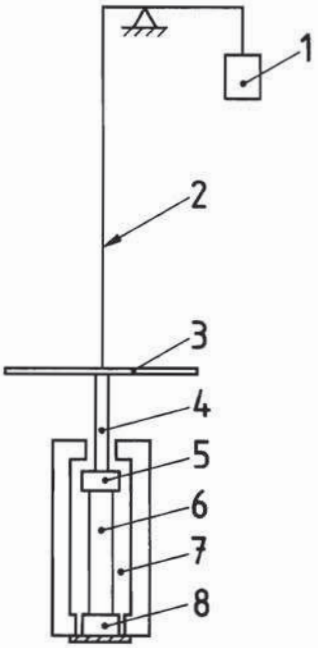
Verfahren A

Bild 1 zeigt ein Schema für ein Torsionsschwingungsgerät. Dabei ist der Probekörper durch die Gewichtskraft des Schwungkörpers belastet.

Verfahren B

Bei dem in Bild 2 schematisch dargestellten Gerät wird die Gewichtskraft des oberhalb des Probekörpers befindlichen Schwungkörpers durch ein Gegengewicht kompensiert. Es sind auch andere mechanische Anordnungen zulässig, bei denen sichergestellt ist, daß der Schwungkörper den Probekörper nicht belastet.

Bei beiden Verfahren müssen es die Einspannklemmen des Torsionsschwingungsgerätes ermöglichen, den Probekörper bezüglich der Schwingungsachse zentriert einzuspannen. Nötigenfalls sind selbstnachstellende Klemmen zu verwenden. Die Masse der beweglichen Klemme soll möglichst klein sein. Um die Wärmeableitung an den Enden des Probekörpers niedrig zu halten, soll der Verbindungsstab zwischen Einspannklemme und Schwungscheibe aus schlecht wärmeleitendem Werkstoff bestehen. Es muß Vorsorge getroffen sein, daß sich der Probekörper ausdehnen oder zusammenziehen kann, ohne daß sich die an ihm wirkende Zugkraft ändert.



1 Gegengewicht
2 flexibler Draht
3 Schwungscheibe
4 Verbindungsstab
5 obere Einspannklemme
3, 4, 5 Schwungkörper
6 Probekörper
7 Temperierkammer
8 untere Einspannklemme

Bild 2. Schema eines Torsionsschwingungsgerätes nach Verfahren B. Die Gewichtskraft des Schwungkörpers wird kompensiert

Es muß eine Vorrichtung vorhanden sein, um den Torsionsschwinger zu freien Torsionsschwingungen anzuregen. Der Drehwinkel beim ersten Ausschlag darf hierbei höchstens so groß sein, daß die Scherung des Probekörpers aus Kunststoffen $5 \cdot 10^{-4}$ rad, beim Probekörper aus Elastomeren $1 \cdot 10^{-3}$ rad beträgt (siehe Abschnitte 6.4 und 7.3).

Es müssen Einrichtungen zur Bestimmung der Schwingungsfrequenz und der Schwingungsamplitude vorhanden sein. Die Fehlergrenzen dürfen bei beiden 1 %, im Übergangsbereich 5 %, nicht überschreiten.

AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: DIN 53445:1986-08

Anmerkung: Bei Verwendung eines Gerätes nach Verfahren A (siehe Bild 1) hat sich ein Schwungkörper mit einem Trägheitsmoment bei Kunststoffen von etwa $3 \cdot 10^{-5}$ kg · m^2, bei Elastomeren von etwa $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ kg · m^2 und mit einer Masse bei Kunststoffen von etwa 30 g und bei Elastomeren von etwa 20 g bewährt.

Bei Verwendung eines Gerätes nach Verfahren B (siehe Bild 2) richten sich das Trägheitsmoment des Schwungkörpers und die Eigenschaften des Drahtes nach den Abmessungen und Eigenschaften des Probekörpers.

Eine annähernd konstante Meßfrequenz kann durch Verwendung von Schwungkörpern mit unterschiedlichem Trägheitsmoment erreicht werden (siehe Anmerkung zu Abschnitt 3).

4.2 Temperiereinrichtung

Eine den Probekörper einschließlich der Einspannklemmen umgebende Temperierkammer mit Temperaturregeleinrichtung muß es ermöglichen, daß im ganzen Probekörper die gewünschte Temperatur auf ±1 K eingehalten werden kann.

Die Temperierkammer muß so gestaltet sein, daß eine Behinderung der freien Torsionsschwingung ausgeschlossen ist.

Falls der Probekörper in einem inerten oder in einem trockenen Gas geprüft werden soll, muß es möglich sein, das auf die Prüftemperatur temperierte Gas in die Temperierkammer einzuleiten.

4.3 Dickenmeßgerät

Skalenteilungswert und Anpreßdruck des Dickenmeßgerätes müssen es gestatten, die Dicke des Probekörpers auf 1 % zu messen. Dicken unter 0,5 mm sind auf 0,005 mm zu messen.

Bei Elastomeren ist die Dickenmessung nach DIN 53 534 durchzuführen.

4.4 Breitenmeßgerät

Das Meßgerät muß gestatten, die Breite des Probekörpers auf 1 % zu ermitteln.

4.5 Längenmeßgerät

Das Meßgerät muß gestatten, die freie Einspannlänge auf 1 % zu ermitteln.

5 Probekörper

5.1 Herstellung

Die Probekörper werden aus Platten oder aus Fertigteilen herausgearbeitet. Für Elastomere ist DIN 53 502 zu berücksichtigen. Die Probekörper sollen über ihre ganze Länge einen einheitlichen Querschnitt haben. Wenn sie untersucht werden, um Stoff- und nicht Bauteil-Eigenschaften zu ermitteln, müssen sie frei von inneren Spannungen sein.

Wenn die Entnahme geeigneter Probekörper aus dem zu prüfenden Erzeugnis in Lieferform nicht möglich ist, dann sind sie entsprechend den für das betreffende Material notwendigen Formgebungsbedingungen, z.B. durch Pressen, herzustellen und gegebenenfalls zu konditionieren (siehe Abschnitt 5.4).

Anmerkung: Die Formgebungs- und Konditionierbedingungen sind für Stoffprüfungen bei Probekörpern, deren mechanisch-thermisches Verhalten nicht nur vom Stoff, sondern auch von der thermischen oder mechanischen Vorgeschichte des Probekörpers abhängt, besonders genau einzuhalten.

5.2 Form und Maße

Als Probekörper sind Streifen mit rechteckigem Querschnitt und folgenden Maßen zu verwenden:

Dicke a von 0,15 bis 2 mm, bevorzugt 1 mm

Breite b von 5 bis 11 mm, bevorzugt 10 mm

freie Einspannlänge L von 40 bis 120 mm, bevorzugt 50 mm

Bei Vergleichsprüfungen müssen Probekörper mit gleichen Maßen verwendet werden.

(Abschnitt 6.2 ist zu beachten)

Anmerkung: Probekörper mit einer geringeren Dicke als 0,15 mm (bis etwa 0,05 mm) können ebenfalls geprüft werden, wenn die Eigendämpfung des Meßsystems ausgeschaltet oder berücksichtigt werden kann.

5.3 Anzahl

Zur Erfassung der Temperaturabhängigkeit des Schubmoduls und des logarithmischen Dekrements eines Werkstoffs genügt es im allgemeinen, einen Probekörper zu prüfen.

5.4 Konditionierung

Innere Spannungen, Kristallisation, Orientierung und Wassergehalt beeinflussen das Verhalten eines viskoelastischen Werkstoffs. Werden Probekörper aus Fertigteilen für die Bauteil-Prüfung herausgearbeitet, dann ist darauf zu achten, daß bei der Bearbeitung keine Veränderung, z. B. durch Erwärmung, verursacht wird. Sollen dagegen die viskoelastischen Eigenschaften eines Stoffes in einem bestimmten Zustand ermittelt werden, so ist die Vorbehandlung festzulegen.

Für Elastomere ist folgendes zu beachten:

Die Zeitspanne zwischen Vulkanisation und Prüfung darf nicht weniger als 16 Stunden und nicht mehr als 4 Wochen betragen. Falls dies für Fertigteile nicht eingehalten werden kann, darf die Zeitspanne zwischen Vulkanisation und Prüfung nicht größer als 3 Monate sein. Ist der Vulkanisationstermin nicht bekannt, muß spätestens 2 Monate nach Lieferung geprüft werden. Die Proben sollen zwischen Vulkanisation und Prüfung vor Licht geschützt gelagert werden.

Vor Bestimmung der Abmessungen der Probekörper entsprechend Abschnitt 6.1 sind diese eine Stunde im Normalklima DIN 50 014 – 23/50-2 zu lagern.

Vor der Messung ist eine starke mechanische Beanspruchung der Probekörper zu vermeiden, weil dadurch bei hochgefüllten Materialien der Schubmodul verkleinert werden kann.

Anmerkung: Falls eine mechanische Vorbehandlung gewünscht wird, da z. B. das Fertigteil im Einsatz starken Beanspruchungen ausgesetzt wird, wird vorgeschlagen, kurz vor der Durchführung des Torsionsschwingungsversuches folgendermaßen zu verfahren:

Der Probekörper wird um 90 Grad nach links und rechts verdreht und dann wieder in die Normalstellung gebracht. Dieser Vorgang wird 5mal wiederholt.

6 Durchführung

6.1 Bestimmung der Probekörpermaße

Die Maße der Probekörper werden bei (23 ± 2) °C bestimmt.

Die Dicke a und die Breite b werden jeweils an 5 Stellen gemessen. Der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Einzelwert darf, bezogen auf den Mittelwert, 3 %, bei Elastomeren 6 % nicht überschreiten.

Probekörper, die diese Bedingungen nicht erfüllen, werden nicht geprüft.

Die aus den Einzelwerten gebildeten arithmetischen Mittelwerte werden für die Berechnung des Faktors F, siehe Abschnitt 7.1, verwendet.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: DIN 53445:1986-08