

Luft- und Raumfahrt
Faserverstärkte Kunststoffe
 Bestimmung des Glasübergangs von Faserverbundwerkstoffen
 unter dynamischer Belastung

DIN
65583

ICS 49.025.40

Aerospace – Fibre reinforced materials –
 Determination of glass transition of fibre composites under dynamic load

Aéronautique et espace – Plastiques renforcés de fibres –
 Détermination de la transition vitreuse des matériaux composites fibreux sous charge dynamique

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	7 Prüfgeräte	4
1 Anwendungsbereich	1	7.1 Längenmeßgeräte	4
2 Normative Verweisungen	2	7.2 Biegeschwingversuch	4
3 Definitionen	2	7.3 Torsionsschwingversuch	5
3.1 Glasübergang	2	8 Probekörper	5
3.2 Temperatur bei Beginn des Glasübergangsbereiches	2	8.1 Anzahl der Probekörper	5
3.3 Speichermodul aus dem Biege- bzw. Torsionsschwingversuch	2	8.2 Probekörperform und Probekörpermaße	5
4 Formelzeichen und Einheiten	3	8.3 Vorbehandlung der Probekörper	5
5 Kurzbeschreibung des Verfahrens	3	9 Durchführung	6
5.1 Allgemeines	3	9.1 Allgemeines	6
5.2 Biegeschwingversuch – Dynamisch Mechanische Analyse (DMA) – Verfahren A1, A2 und A3	3	9.2 Temperaturbereich und Aufheizrate	6
5.3 Torsionsschwingversuch	3	9.3 Biege- und Torsionsschwingversuch	6
6 Bezeichnung	4	10 Auswertung	6
		10.1 Biegeschwingversuch	6
		10.2 Torsionsschwingversuch	7
		10.3 Bestimmung der Temperatur bei Beginn des Glasübergangs	7
		11 Prüfbericht	8

Vorwort

Diese Norm wurde von der Normenstelle Luftfahrt (NL), Unterausschuß UA 2.2.5.2/405 "Prepregs" erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Die in dieser Norm festgelegten Verfahren des Biegeschwingversuchs (Dynamisch Mechanische Analyse) bzw. Torsionsschwingversuchs dienen zur Charakterisierung des Glasübergangs der Matrix in faserverstärkten Kunststoffen unter dynamischer Belastung. Eine direkte Übertragung auf das Verhalten der reinen Matrix ist daraus nicht abzuleiten.

Zum Zweck eines qualitativen Werkstoffvergleichs wird der Beginn des Glasübergangs bewertet.

Die Prüfverfahren sind für trockene und konditionierte Probekörper vorgesehen.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

129 69

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

E DIN EN 3615

Luft- und Raumfahrt – Faserverstärkte Kunststoffe – Ermittlung der Auslagerungsbedingungen in feuchtem Klima und der Feuchteaufnahme

E DIN EN 6032

Luft- und Raumfahrt – Faserverstärkte Kunststoffe – Prüfverfahren – Bestimmung der Glasübergangstemperatur

DIN EN ISO 6721-1

Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 6721-1 : 1994, einschließlich Technische Korrektur 1 : 1995); Deutsche Fassung EN ISO 6721-1 : 1996

DIN EN ISO 6721-2

Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 2: Torsionspendel-Verfahren (ISO 6721-2 : 1994, einschließlich Technische Korrektur 1 : 1995); Deutsche Fassung EN ISO 6721-2 : 1996

ISO 6721-5

Plastics – Determination of dynamic mechanical properties – Part 5: Flexural vibration – Non-resonance method
Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 5: Biegeschwingung – Erzwungene Schwingungen

ISO 6721-7

Plastics – Determination of dynamic mechanical properties – Part 7: Torsional vibration – Non-resonance method
Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 7: Drehschwingung – Erzwungene Schwingungen

3 Definitionen

3.1 Glasübergang

Der Glasübergang von polymeren Werkstoffen (z. B. Kunststoffe) ist charakterisiert durch eine näherungsweise stufenförmige Steifigkeitsänderung während einer Temperaturänderung. Er wird verursacht durch eine Änderung der Beweglichkeit der Makromoleküle bzw. von Teilen der Makromoleküle.

Alle amorphen und teilkristallinen Kunststoffe weisen einen Glasübergang in einem bestimmten Temperaturbereich auf. Die Lage des Temperaturbereiches ist von der chemischen Zusammensetzung, der thermischen Vorgeschichte (z. B. Verarbeitungsbedingungen), den Belastungsbedingungen (Belastungsgeschwindigkeit, Belastungsfrequenz, Höhe der Belastung, Aufheiz- bzw. Abkühlgeschwindigkeit) und der Art und Menge eines in vielen Fällen aufgenommenen niedermolekularen Produktes (z. B. Wasser, Restmonomer) abhängig.

Je nach Fragestellung wird der Beginn oder die mittlere Lage des Glasübergangs zur Charakterisierung herangezogen.

3.2 Temperatur bei Beginn des Glasübergangsbereiches

Die Temperaturen T_{g0} bzw. $T_{g2\%}$ charakterisieren entsprechend ihrer Definition in 10.3 den Beginn der näherungsweise stufenförmigen Steifigkeitsänderung (Änderung des für die Deformation relevanten Biege-, Scher- bzw. Elastizitätsmoduls) während des Aufheizvorgangs.

3.3 Speichermodul aus dem Biege- bzw. Torsionsschwingversuch

Der Speichermodul nach dieser Norm ist der Quotient aus der Amplitude der relevanten Spannung und des phasengleichen Anteils der entsprechenden Deformation (siehe auch DIN EN ISO 6721-1). Während es sich bei dem Biegeschwingversuch um eine Biegespannung mit – je nach Prüfeinrichtung unterschiedlichen – Anteilen von Zug- und Scherspannung handelt, tritt beim Torsionsschwingversuch eine reine Scherbelastung auf.

Der Speichermodul ist ein Maß für die Steifigkeit des Probekörpers unter den Belastungsbedingungen dieses Versuchs.

4 Formelzeichen und Einheiten

T_{g0} (T_g Onset); Temperatur bei Beginn des Glasübergangs nach der Tangentenmethode °C

$T_{g2\%}$ Temperatur bei Beginn des Glasübergangs nach der 2 %-Methode °C

5 Kurzbeschreibung des Verfahrens

5.1 Allgemeines

Nach dieser Norm ist es zulässig, die Temperatur bei Beginn des Glasübergangs $T_{g2\%}$ bzw. T_{g0} sowie die in E DIN EN 6032 beschriebenen Werte zur Charakterisierung des Glasübergangs mit verschiedenen Prüfverfahren zu bestimmen. Die $T_{g2\%}$ bzw. T_{g0} -Werte nach den verschiedenen Verfahren unterscheiden sich z. T. erheblich. Deshalb ist die Angabe des Verfahrens, nach dem der Wert bestimmt wurde, unerlässlich.

Für die Bestimmung der T_g -Werte dienen Biege- bzw. Torsionsschwingversuche, die vorzugsweise mit konstanter Prüffrequenz von 1 Hz über den gesamten Temperaturbereich durchgeführt werden. Eine Verwendung anderer Frequenzen ist gesondert zu vereinbaren. In Schiedsfällen gelten die Werte aus dem aufgeführten Bezugsverfahren mit der Frequenz 1 Hz. Bei der Verwendung eines Gerätes mit Eigenfrequenz (Resonanzmodus) ist dieses gesondert zu kennzeichnen.

5.2 Biegeschwingversuch – Dynamisch Mechanische Analyse (DMA) – Verfahren A1, A2 und A3

Ein streifenförmiger Probekörper aus dem zu untersuchenden Verbundwerkstoff stellt eine gedämpfte Feder dar, die an beiden Enden in eine Biegevorrichtung eingespannt ist. Der Probekörper wird in dieser Vorrichtung zu erzwungenen Biegeschwingungen mit konstanter Frequenz fortlaufend so angeregt, daß sich eine annähernd konstante Amplitude einstellt. Aus der dazu notwendigen Anregungskraft, der Phasenverschiebung zwischen Anregung und Auslenkung sowie den mechanischen Eigenschaften des Schwingungssystems wird der Speichermodul berechnet.

Je nach Einspannvorrichtung werden die Verfahren A1, A2 und A3 unterschieden (siehe 7.2)

ANMERKUNG: Wird ein Meßsystem verwendet, welches bei Eigenresonanzfrequenz arbeitet, so wird aus der Resonanzfrequenz der Speichermodul des Probekörpers berechnet. Durch die Änderung der Meßfrequenz im Glasübergangsbereich wird auch die Kurvenform des Speichermoduls im Vergleich zur Festfrequenzmessung verändert. Deshalb ist die Verwendung dieses Verfahrens gesondert anzugeben.

5.3 Torsionsschwingversuch

5.3.1 Verfahren B1 (freie Schwingung)

Ein streifenförmiger Probekörper aus dem zu untersuchenden Verbundwerkstoff stellt eine gedämpfte Feder dar, die an einem Ende fest und am anderen Ende in eine Torsionseinrichtung mit innerer Feder und Schwungmasse eingespannt ist. Nachdem der Torsionsschwinger einmalig ausgelenkt worden ist, führt er eine freie gedämpfte Schwingung aus. Durch Variation der Schwungmasse wird die Torsionsfrequenz annähernd konstant gehalten ($1 \text{ Hz} \pm 10 \%$). Aus der Frequenz der Schwingung wird unter Berücksichtigung der anderen Geräteparameter, insbesondere des Trägheitsmomentes der Schwungmassen, der Schubmodul des Verbundwerkstoffs berechnet.

5.3.2 Verfahren B2 (erzwungene Schwingung)

Es ist ebenfalls möglich, den Torsionsschwinger zu erzwungenen Schwingungen unterhalb der Resonanzfrequenz anzuregen. Dabei wird aus dem Anregungsmoment und der Phasenverschiebung zwischen Anregung und Auslenkung unter Berücksichtigung der mechanischen Eigenschaften des Torsionspendels der Speichermodul berechnet.