

	Prüfung von Kunststoffen und von schwingungsgedämpften geschichteten Systemen Biegeschwingungsversuch Bestimmung von Kenngrößen schwingungsgedämpfter Mehrschichtsysteme	DIN 53 440 Blatt 3
--	--	--

Testing of plastics and damped laminated systems; bending vibration test;
determination of dynamic-elastic values of damped laminated systems

Zu dieser Norm gehören:

- DIN 53 440 Blatt 1 Prüfung von Kunststoffen und von schwingungsgedämpften geschichteten Systemen; Biegeschwingungsversuch; Allgemeine Grundlagen zur Bestimmung der dynamisch-elastischen Eigenschaften stab- oder streifenförmiger Probekörper (Ausgabe April 1973)
- DIN 53 440 Blatt 2 —; —; Bestimmung des komplexen Elastizitätsmoduls (Ausgabe April 1973)

Textteile, die kursiv gesetzt sind, enthalten zusätzliche Hinweise und Erläuterungen, insbesondere zur Prüfanordnung mit einseitig fest eingespannten Probekörpern.

1. Zweck und Anwendung

Der Biegeschwingungsversuch nach dieser Norm dient zur Bestimmung der dynamisch-elastischen Kenngrößen, die Schwingungseigenschaften der geschichteten Systeme, insbesondere die Schwingungsdämpfung, in Abhängigkeit von der Frequenz und der Temperatur charakterisieren.

Geschichtete Systeme bestehen aus harten, schwach gedämpften Schichten, besonders Blechen, mit Lagen fest haftender viskoelastischer, hochgedämpfter Stoffe auf oder zwischen den harten Schichten. Technisch im Gebrauch sind vor allem Systeme aus Blechen mit einseitigem dämpfenden Belag und Verbundsysteme, bestehend aus zwei äußeren Blechen und einer dämpfenden Zwischenschicht.

Bleche in Verbundsystemen können gleiche oder, mit Rücksicht auf die Biegesteifigkeit bei ruhender Beanspruchung, verschiedene Dicken haben. Dämpfende Schichten können z. B. aufgespritzte, aufgespachtelte, selbsthaftende Schichten oder auf- oder eingeklebte Folien sein. Als dämpfende Schichten aus Kunststoffen werden vorwiegend amorphe, gegebenenfalls gefüllte Thermoplaste oder auch selbsthärtende Zweikomponentenstoffe benutzt. Dämpfungstoffe können durch Mischen geeigneter Thermoplaste, durch Copolymerisation monomerer Komponenten, Zusätze von Weichmachern und Füllstoffen und andere Maßnahmen auf optimale Dämpfung in bestimmten Bereichen der Frequenz und der Temperatur eingestellt werden. Je breiter diese Bereiche sind, desto niedriger ist die in ihnen erreichbare maximale Dämpfung der viskoelastischen Schicht.

Zweck der dämpfenden Maßnahme ist die Minderung des Dröhnens von Blechkonstruktionen durch Dämpfung der Resonanz- oder der Eigenschwingungen der Bleche, Verbesserung der Schalldämmung von Blechen in Trennwänden, Unterdrückung der Körperschall-Fortleitung über Blechkonstruktionen oder Verminderung der akustischen Ermüdung bei starker Schwingungsbeanspruchung.

Der Frequenz-Temperatur-Bereich, in dem die geschichteten Systeme optimale Dämpfung aufweisen müssen, richtet sich nach dem Anwendungszweck.

Zur eingehenden Charakterisierung der gedämpften Mehrschichtsysteme ist die Prüfung der dynamisch-elastischen Eigenschaften in Abhängigkeit von Frequenz und Temperatur im vorgeschriebenen Frequenz-Temperatur-Bereich erforderlich. Eine hohe Dämpfung bei Raumtemperatur (siehe DIN 50 014) ist in vielen Fällen eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung (siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 1, letzter Absatz).

Die Prüfung geschichteter Systeme kann auch zur Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften (komplexer Elastizitätsmodul und seine Komponenten) der Dämpfungsstoffe und anderer Kunststoffe benutzt werden. Besonders dafür geeignet sind Zweischichtsysteme aus einer harten, schwach gedämpften Schicht (z. B. aus Blech) und einem fest haftenden Belag aus dem zu prüfenden viskoelastischen Stoff (siehe Abschnitt 6). Dieses Verfahren ist geeignet für die Prüfung von amorphen Thermoplasten und Elastomeren im Falle extrem hoher Dämpfung ($d > 0,1$), bei der mit Probekörpern aus dem Kunststoff allein keine Resonanzen mehr erhalten werden (siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5.3).

Fortsetzung Seite 2 bis 7
Erläuterungen Seite 8

2. Begriffe

Als dynamisch-elastische Kenngrößen, die die Schwingungseigenschaften der geschichteten Systeme im Biegeschwingsungsversuch charakterisieren, werden benutzt:

dynamische Biegesteifigkeit

Verlustfaktor

Biegewellengeschwindigkeit

Biegewellenlänge

Sie sind bezogen auf Biegeschwingungen in Richtung der Normalen der planparallelen Schichten. Mehrschichtsysteme, auf denen Biegeschwingungen und die Ausbreitung von Biegewellen wie auf Platten und Stäben aus isotropen Werkstoffen möglich sind, können als homogen angesehen werden. Für stab- oder streifenförmige Probekörper aus Mehrschichtsystemen gelten zum großen Teil die gleichen Begriffe und Beziehungen wie für Probekörper aus isotropen Werkstoffen, und die gleichen Prüf-anordnungen und -verfahren können für sie benutzt werden (siehe DIN 53 440 Blatt 1 und Blatt 2).

2.1. Dynamische Biegesteifigkeit

Die **d y n a m i s c h e B i e g e s t e i f i g k e i t** ist der Realteil der komplexen Biegesteifigkeit des Mehrschichtsystems (vgl. die entsprechenden Beziehungen zwischen Speichermodul oder dynamischem Elastizitätsmodul und komplexem Elastizitätsmodul; DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 2).

2.2. Verlustfaktor

Der **V e r l u s t f a k t o r** ist definiert als Quotient aus Imaginärteil und Realteil der komplexen Biegesteifigkeit des Systems. An seiner Stelle kann eine andere der gebräuchlichen Dämpfungsgrößen zur Charakterisierung der Dämpfung benutzt werden (siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 6.3). Der Verlustfaktor des Mehrschichtsystems kann unmittelbar mit den Verlustfaktoren isotroper Werkstoffe verglichen werden.

B i e g e w e l l e n g e s c h w i n d i g k e i t und **B i e g e w e l l e n l ä n g e** sind so definiert und werden so bestimmt wie im Falle isotroper Probekörper (siehe DIN 53 440 Blatt 1, Abschnitt 2.2).

3. Probekörper

3.1. Herstellung aus Fertigerzeugnissen

Aus dem zu prüfenden Erzeugnis sind Probekörper herzustellen, die die dynamisch-elastischen Eigenschaften repräsentieren. Es ist deshalb darauf zu achten, daß z. B. durch spanende Bearbeitung diese Eigenschaften nicht verändert werden (z. B. darf der Probekörper nicht gebogen, geknickt oder erwärmt werden; auf die sorgfältige Bearbeitung der Kanten ist besonders zu achten).

3.2. Herstellung aus den einzelnen Stoffen des Mehrschichtsystems

Probekörper sind entsprechend den technischen Anwendungen herzustellen (Vorbehandlung der Bleche, Grundierung, Aufspritzen, -spachteln oder -kleben von Belagschichten oder Kleben von Blechen mit selbsthaftenden Zwischenschichten).

Die in den Probekörpern verwendeten Bleche sollen Tiefziehbleche nach DIN 1541 Blatt 2 sein.

Bei Probekörpern aus Blechen mit fest haftender Belagschicht (Zweischichtsysteme) müssen ggf. entsprechende Vergleichskörper aus Blech aus der gleichen Blechtafel hergestellt werden. Innere Spannungen in den Blechen als Folge des Herstellungsverfahrens müssen vermieden werden.

Für aufgeklebte Schichten aus Kunststoffen gilt DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 3.1. Nötigenfalls müssen die Schichten vor dem Verkleben vorbehandelt werden, damit der Kleber haftet (Sandstrahlen der Bleche, Aufrauen oder Anoxydieren der Belagschicht). Bei Zweischichtsystemen, an denen die viskoelastischen Kenngrößen der Belagschicht bestimmt werden sollen, muß das Klebmittel lösungsmittelfrei und selbsthärtend sein. Die Dicke der Klebschicht muß klein sein. Der Kleber darf die dynamisch-elastischen Kenngrößen nicht beeinflussen. Zweischichtsysteme sollen bei einer mittleren Temperatur des Temperaturbereiches, in dem der Probekörper gemessen werden soll, verklebt werden, um Krümmungen des Probekörpers bei Temperaturänderungen möglichst zu vermeiden. Dies ist nicht notwendig bei Blechen mit gleichartigen und gleichdicken Belägen auf beiden Seiten (symmetrischer Aufbau; siehe auch Abschnitt 6.4).

3.3. Form und Abmessungen

Für Probekörper dünner Mehrschichtsysteme zur Messung in gebräuchlichen Prüf-anordnungen gilt DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 3.2. Die Dicke der Bleche muß auf $\pm 0,02$ mm eingehalten werden. Der Belag soll kantig und möglichst glatt sein.

Wenn diese Forderungen nicht genügend genau einzuhalten sind, z. B. bei grobkörnigen Belagschichten oder Schichten, die kantig und mit ebener Oberfläche nur schwierig herzustellen sind (z. B. gegebenenfalls bei Spritz- und Spachtelbelägen), empfiehlt sich die Verwendung längerer und breiterer Probekörper, z. B. mit einer Länge von 600 mm und einer Breite von 30 mm.

3.4. Anzahl

Für die Anzahl der Probekörper gilt DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 3.3. Die Anzahl der Vergleichskörper soll möglichst groß sein. Bei Zweischichtsystemen ist es gegebenenfalls für die Erfassung der Dämpfung in Abhängigkeit vom Dicken- bzw. Massenverhältnis der Schichten erforderlich, Probekörper mit unterschiedlichen Dickenverhältnissen anzufertigen.

3.5. Vorbehandlung

Vorbehandlung siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 3.4. Für z. B. aufgespritzte oder -gespachtelte Entdröhnungsmassen hat sich folgendes bewährt: Die Zweischicht-Probekörper vor der Prüfung 48 Stunden lang im Normal-klima 23/50 DIN 50 014 [(23 $\pm$ 2) °C und (50 $\pm$ 5) % relative Luftfeuchte] gelagert, feuchte Probekörper bei 40 °C im Wärmeschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

4. Prüf-anordnung

Grundsätzlich sind alle in DIN 53 440 Blatt 1 angeführten Prüf-anordnungen anwendbar. Bei Probekörpern dünner Mehrschichtsysteme mit Längen bis 300 mm und 8 bis 10 mm Breite ist es zweckmäßig, die Probekörper an einem Ende fest einzuspannen. In diesem Falle ist DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 4, Bild 1 im wesentlichen auch für den Probekörper der Mehrschicht-anordnung zutreffend und sinngemäß anwendbar.

Bei Blechen mit dämpfender Belagschicht (Zweischichtsysteme) sind im Falle vergleichsweise weicher Belagmassen an der Einspannstelle der Probekörper besondere Maßnahmen zu treffen, z. B. Entfernen der Belagschicht an der Einspannstelle. Die dadurch verursachten systematischen Meßfehler sind bei Schwingungsmeß-anordnung ($n > 1$) unerheblich.

Großflächige Probekörper müssen bei mittleren und kleinen Dämpfungen in Schwingungsknoten gehalten werden. Am günstigsten ist es, die Probekörper mit dünnen Textilfäden zu halten, die gegen das tragende Stativ noch mit weichen Gummiringen abgefedert sind. Bei großer Dämpfung, bei der keine auswertbaren Resonanzkurven erhalten werden, kann eine Anordnung zur Prüfung stark gedämpfter fortschreitender Biegewellen nach DIN 53 440 Blatt 1, Abschnitt 4, Bild 3 d) benutzt werden.

5. Durchführung

Für die Durchführung der Prüfung von Mehrschichtsystemen gelten die gleichen Angaben wie für die Prüfung von Kunststoffen (siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5).

5.1. Justierung der Probekörper

Siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5.1.

Auf feste Einspannung des Probekörpers ist besonders bei Blechen mit einseitiger, vergleichsweise weicher Belagschicht zu achten (siehe Abschnitt 4).

5.2. Temperatur- und Frequenzeinstellung

Siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5.2.

5.3. Prüfverfahren in verschiedenen Bereichen des Verlustfaktors

DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5.3, ist sinngemäß anwendbar.

5.4. Prüfverfahren zur Bestimmung der Kenngrößen viskoelastischer Stoffe aus den dynamisch-elastischen Kenngrößen von Blech mit fest haftender Belagschicht aus dem viskoelastischen Stoff

5.4.1. Bestimmung der Kenngrößen im Bereich großer Dämpfungen (Verlustfaktor $d > 0,1$)

Extrem hohe Verlustfaktoren treten auf in amorphen Thermoplasten und Elastomeren im Haupterweichungsbereich oberhalb der Glasübergangstemperatur und insbesondere in hochwirksamen schwingungsdämpfenden Stoffen (Entdröhnungsmitteln; siehe DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 5.3).

Durch Aufkleben eines Probekörpers des hochgedämpften Stoffes auf einen Blechstreifen wird bei richtiger Bemessung erreicht, daß das Zweischichtsystem im Resonanzverfahren geprüft werden kann. Die Belagschicht muß dazu so dick sein, daß ihre Einwirkung auf den schwingenden Blechstreifen deutlich meßbar in Erscheinung tritt. Sie muß so dünn sein, daß die Dämpfung des Zweischichtsystems gering genug für das Resonanzverfahren ist (Dickenverhältnisse siehe Abschnitt 6.4).

5.4.2. Bestimmung der Kenngrößen von Thermoplasten im quasi-gummielastischen Zustand

Thermoplaste mit verhältnismäßig starker Fließkomponente im quasi-gummielastischen Zustand, bei denen die Prüfung kurzer, dicker Probekörper mit der Prüfanordnung nach DIN 53 440 Blatt 2, Abschnitt 4 nicht möglich ist, kann ausreichende Formstabilität durch Aufkleben des Probekörpers auf einen dünnen Blechstreifen erreicht werden. Um genügend Einwirkung der Belagschicht auf den schwingenden Blechstreifen zu erzielen und damit auswertbare Resonanz- und Eigenschwingungen zu ermöglichen, muß die Dicke der Belagschicht groß gegen die Dicke des Bleches sein (Dickenverhältnisse siehe Abschnitt 6.4).

6. Auswertung

6.1. Dynamische Biegesteifigkeit, Biegewellengeschwindigkeit und Biegewellenlänge des Mehrschichtsystems aus Resonanzfrequenz oder Eigenfrequenz

Die dynamische Biegesteifigkeit B ist:

$$B = (2 \pi l^2)^2 m \cdot \left(\frac{f_n}{\beta_n^2} \right)^2$$

Die Kennzeichnung der dynamischen Biegesteifigkeit, des Realteils der komplexen Biegesteifigkeit, durch einen Strich (B') ist hier vereinfachend fortgelassen (die Unterscheidung vom Imaginärteil B'' entfällt).

Die Biegewellengeschwindigkeit c_B ist:

$$c_B = 2 \pi l \cdot \frac{f_n}{\beta_n}$$

Die Biegewellenlänge λ_B ist:

$$\lambda_B = \frac{2 \pi l}{\beta_n}$$

6.2. Dynamische Biegesteifigkeit und Biegewellengeschwindigkeit des Mehrschichtsystems aus Frequenz und Biegewellenlänge

Die dynamische Biegesteifigkeit B ist:

$$B = \frac{m}{4 \pi^2} \cdot \lambda_B^4 \cdot f^2$$

Die Biegewellengeschwindigkeit c_B ist:

$$c_B = \lambda_B \cdot f$$

6.3. Verlustfaktor aus Dämpfungsgrößen

Der Verlustfaktor wird aus den mit den verschiedenen Prüfeinrichtungen gemessenen Dämpfungsgrößen genauso berechnet wie im Falle der isotropen Probekörper aus einem viskoelastischen Stoff. Die in DIN 53 440 Blatt 2 Abschnitt 6.3 angegebenen Beziehungen gelten auch für die Mehrschichtsysteme.

6.4. Speichermodul und Verlustfaktor eines viskoelastischen Stoffes aus den dynamisch-elastischen Kenngrößen von Blech mit fest haftender Belagschicht aus dem viskoelastischen Stoff

Als berechenbare Hilfsgröße aus Resonanz- oder Eigenfrequenz wird zweckmäßig benutzt (siehe Abschnitt 6.1 und DIN 53 440 Blatt 1, Abschnitt 2.2) die Größe:

$$\sqrt{\frac{B}{m}} = 2 \pi l^2 \cdot \frac{f_n}{\beta_n^2}$$

Im folgenden gehören

Formelzeichen ohne Index zum Zweischichtsystem (Blech mit Belagschicht),

Formelzeichen mit Index 1 zum Blech,

Formelzeichen mit Index 2 zur Belagschicht.

Verhältnis der dynamischen Biegesteifigkeiten des Zweischichtsystems und des Bleches aus den Hilfsgrößen und dem Verhältnis der Massen je Länge der Belagschicht und des Bleches:

$$\frac{B}{B_1} = \frac{\frac{B}{m}}{\frac{B_1}{m_1}} \cdot \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right)$$

Es ist

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot X;$$



Documents

Document Sharing Hub