

Prüfung von Kunststoffen

Zeitstand-Zugversuch

DIN
53 444

Testing of plastics; tensile creep test

Zusammenhang mit einer in Vorbereitung befindlichen ISO-Empfehlung siehe Erläuterungen.

1. Zweck und Anwendung

Der Zeitstand-Zugversuch dient zur Ermittlung des Dehn- und Festigkeitsverhaltens von Probekörpern bei ruhender Zugbeanspruchung unter Bedingungen, bei denen neben den Einflüssen der Beanspruchungshöhe und der Temperatur ein wesentlicher Einfluß der Beanspruchungszeit vorhanden ist. Die Ergebnisse des Zeitstand-Zugversuches können zur Abschätzung des Dehn- und Festigkeitsverhaltens von Kunststoffen dienen, die in der Praxis langfristig einwirkenden, einachsigen Zugbeanspruchungen ausgesetzt werden. Da neben der Höhe der einwirkenden Beanspruchung, der Beanspruchungszeit und -temperatur auch die Umweltbedingungen gerade auf das Langzeitverhalten der Kunststoffe im allgemeinen von Einfluß sind, sind diese bei der Übertragung der Prüfergebnisse auf die Praxis zu beachten.

2. Prinzip des Prüfverfahrens

Beim Zeitstand-Zugversuch wird ein Probekörper bei konstanter Temperatur und konstanten Umweltbedingungen durch eine ruhende, während des Versuches gleichbleibende Kraft beansprucht. Die zeitliche Zunahme der Dehnung und die Zeitdauer bis zum etwaigen Bruch des Probekörpers werden bestimmt. Der Probekörper kann vor dem Bruch beim Erreichen einer bestimmten Dehnung oder Beanspruchungsdauer entlastet werden. Im Anschluß an die Entlastung kann dann der zeitliche Rückgang der Dehnung ermittelt werden.

3. Begriffe

Anmerkung: Die angegebenen englischen Übersetzungen der Begriffe sind nicht Gegenstand dieser Norm; sie dienen lediglich dem besseren Verständnis im Zusammenhang mit der ISO-Empfehlung.

3.1. Dehnung $\varepsilon(t)$ (strain) ist die auf die ursprüngliche Meßlänge bezogene Änderung der Meßlänge

$$\varepsilon(t) = \frac{\Delta L(t)}{L_0} = \frac{L(t) - L_0}{L_0}$$

Hierbei bedeuten:

$\Delta L(t)$ Änderung der Meßlänge bis zum jeweiligen Zeitpunkt t der Prüfung

$L(t)$ Meßlänge zum jeweiligen Zeitpunkt t der Prüfung
 L_0 ursprüngliche Meßlänge des unbelasteten Probekörpers bei den Umweltbedingungen des Versuches

3.1.1. 1-Minuten-Dehnung $\varepsilon_{1 \text{ min}}$ (1-minute-strain) ist die eine Minute nach Erreichen der Prüfkraft gemessene Dehnung.

3.1.2. Restdehnung $\varepsilon_R(t)$ ist die zum jeweiligen Zeitpunkt nach der Entlastung des Probekörpers noch vorhandene Dehnung.

3.1.3. 1-Minuten-Restdehnung $\varepsilon_{R/1 \text{ min}}$ ist die eine Minute nach der Entlastung des Probekörpers gemessene Restdehnung.

3.2. Zugspannung σ (nominal stress) ist die auf den ursprünglichen, bei Raumtemperatur gemessenen Querschnitt A des unbelasteten Probekörpers bezogene Prüfkraft F

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

3.2.1. Zeitstand-Zugfestigkeit $\sigma_{B/t}$ (creep strength) ist die Spannung σ , bei der der Probekörper nach der Zeit t bricht.

3.2.2. Zeitdehnspannung $\sigma_{\varepsilon/t}$ (time yield limit) ist die Spannung σ , die nach der Zeit t zu einer Gesamtdehnung ε führt. Die Dehnung wird meist in ‰ angegeben.

3.3. Kriechmodul $E_c(t)$ (apparent modulus) ist der Quotient aus der zeitlich konstanten Spannung σ und der zeitabhängigen Dehnung $\varepsilon(t)$.

$$E_c(t) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t)}$$

Anmerkung: Der Kriechmodul ist nur dann von der Spannung unabhängig, wenn diese innerhalb des Hookeschen Bereiches liegt, in dem Proportionalität zwischen der Spannung und der nach einer bestimmten Zeit gemessenen Dehnung besteht¹⁾. Außerhalb des Hookeschen Bereiches nimmt der Kriechmodul mit zunehmender Spannung ab. Bei der Wiedergabe von Kriechmodulwerten müssen die Spannungen, bei denen sie ermittelt wurden, angegeben werden.

Der Entspannungsmodul (Relaxationsmodul) $E_r(t)$ wird im Entspannungsversuch²⁾ bestimmt. Er ist der Quotient aus der zeitabhängigen Spannung $\sigma(t)$ und der zeitlich konstanten Dehnung ε :

$$E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon}$$

Es ist zu beachten, daß sich der Kriechmodul bei stärkerer Zeitabhängigkeit oder bei Spannungen außerhalb des Hookeschen Bereiches wesentlich vom Entspannungsmodul unterscheiden kann. Die Bezeichnung „zeitabhängiger Modul“ allein ist deshalb unzureichend, da aus ihr nicht hervorgeht, ob es sich um einen Kriechmodul oder um einen Entspannungsmodul handelt.

¹⁾ Siehe die Broschüre „Elastische und viskose Eigenschaften von Werkstoffen“, herausgegeben vom Deutschen Verband für Materialprüfung (DVM), bearbeitet von Dr. H. Oberst; Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin-Köln-Frankfurt.

²⁾ Begriff siehe DIN 50 119

Erläuterungen siehe Originalfassung der Norm

Fortsetzung Seite 2 und 3

Fachnormenausschuß Kunststoffe (FNK) im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Materialprüfung im DNA

4. Probekörper

4.1. Entnahme und Herstellung der Probekörper
siehe DIN 53 455, Ausgabe April 1968, Abschnitt 3.1.

4.2. Form und Abmessungen der Probekörper
siehe DIN 53 455, Ausgabe April 1968, Abschnitt 3.2.

4.3. Vorbehandlung der Probekörper

Die Umweltbedingungen während des Zeitstandversuches (Temperatur, Luftfeuchte) können die Struktur der Probekörper in einem solchen Ausmaß ändern, daß ihre mechanischen Eigenschaften oder Abmessungen wesentlich beeinflußt werden. Es wird deshalb empfohlen,

- die Probekörper so zu tempern, daß die Prüftemperatur beim Zeitstandversuch zu keinen weiteren Dimensionsänderungen führt
- den Wassergehalt der Probekörper so einzustellen, daß er im Gleichgewicht mit dem Wassergehalt der Prüf-atmosphäre des Zeitstandversuches ist
- sämtliche Probekörper mit einer geeigneten, zumindest der höchsten Prüftemperatur eine genügend lange Zeit zu tempern, wenn Zeitstandversuche bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden sollen
- die Dehnung von unbelasteten, sonst aber unter gleichen Bedingungen wie die Probekörper des Zeitstandversuches eingesetzten Probekörpern als Funktion der Versuchszeit zu messen und die eventuelle Dehnung dieser Probekörper von der Dehnung der belasteten Probekörper abzuziehen.

5. Prüfgerät

5.1. Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung besteht aus der Einspanneinrichtung für den Probekörper, der Belastungs- und der Dehnungsmeßeinrichtung.

Die Einspanneinrichtung muß so beschaffen sein, daß die Wirkungslinie der Kraft mit der Mittellinie des Probekörpers in Längsrichtung zusammenfällt.

Die Belastungseinrichtung muß das stoßfreie Aufbringen der gewünschten Beanspruchung innerhalb von 3 bis 5 Sekunden gestatten. Die auf den Probekörper wirkende Kraft darf um nicht mehr als $\pm 1\%$ vom Sollwert abweichen. Sie muß während der gesamten Versuchsdauer auf $\pm 1\%$ gleichgehalten werden.

Die Dehnung der Meßlänge des Probekörpers kann mit beliebigen Dehnungsmeßeinrichtungen, die den Probekörper weder mechanisch (Verformung, Kerbung) noch physikalisch (Aufheizung) noch chemisch beeinflussen, erfolgen. Die Unsicherheit der Dehnungsmessung soll höchstens $\pm 2\%$ der gesamten zu messenden Dehnung betragen. Falls diese Unsicherheitsgrenze nicht eingehalten wird, muß die tatsächliche Meßunsicherheit angegeben werden.

5.2. Dickenmeßgerät

Das Dickenmeßgerät, z. B. nach DIN 53 370, muß gestatten, die Dicke der Probekörper auf 0,01 mm, bei Folien auf 0,003 mm zu messen.

5.3. Breitenmeßgerät

Das Breitenmeßgerät muß gestatten, die Breite der Probekörper auf 0,05 mm zu messen.

Anmerkung: Dicken- und Breitenmeßgerät müssen auf den Probekörper einen Druck von 0,1 bis 0,3 kp/cm² ausüben.

6. Prüfklima

Die Prüfung wird in der Regel in Luft durchgeführt. Die Temperaturschwankungen während des Versuches sollen höchstens ± 2 grad und die Schwankungen der relativen Luftfeuchte höchstens $\pm 3\%$ betragen. Die zulässige Abweichung richtet sich nach der Temperatur- bzw. Feuchteempfindlichkeit des zu prüfenden Materials. Das tatsächliche Prüfklima ist im Prüfbericht anzugeben.

7. Durchführung

7.1. Messen von Dicke und Breite des Probekörpers

Dicke und Breite des Probekörpers werden innerhalb der Meßlänge an mindestens 5 Stellen gemessen. Probekörper, deren größte und kleinste Dicke um mehr als 0,1 mm (bei Folien um mehr als 10%) oder deren größte und kleinste Breite um mehr als 0,1 mm auseinanderliegen, werden nicht geprüft.

7.2. Belastung des Probekörpers

In den meisten Fällen ist es erforderlich, den Probekörper mit einer Vorkraft zu belasten. Die Vorkraft soll möglichst 5% der geringsten Prüfkraft nicht überschreiten. Die Meßlänge L_0 wird gemessen, nachdem der Probekörper die Prüftemperatur angenommen hat und die Vorkraft aufgebracht ist. Anschließend wird der Probekörper kontinuierlich und stoßfrei innerhalb von 5 Sekunden bis zur Prüfkraft (einschließlich Vorkraft) belastet. Die Zeitdauer vom vollen Anliegen der Prüfkraft bis zur ersten Dehnungsmessung soll mindestens das Zehnfache der zum Aufbringen der Prüfkraft benötigten Zeitdauer betragen. Die Belastungsdauer rechnet vom Zeitpunkt des Erreichens der Prüfkraft an (Zeit $t = 0$). Falls die Dehnung der Meßstrecke nicht automatisch registriert wird, wird sie in größer werdenden Zeitabständen und entsprechend dem Verlauf der Zeitdehnlinie bestimmt.

7.3. Entlastung der Probekörper

Bei der Bestimmung der Restdehnung des Probekörpers im Entlastungsversuch ist analog Abschnitt 7.2 zu verfahren. Die Restdehnung wird unter Einwirkung der Vorkraft bestimmt.

8. Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse

8.1. Graphische Darstellung

8.1.1. Zeitdehnlinien

Die als Funktion der Zeit gemessenen Dehnungen werden als Zeitdehnlinien aufgetragen (siehe Bild 1). Tritt unter der Vorkraft eine merkbare Dehnung auf, so ist diese zu berücksichtigen.

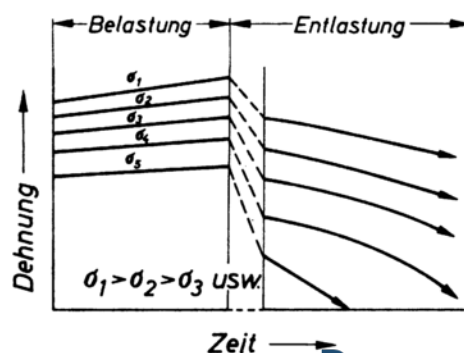


Bild 1. Zeitdehnlinien in doppelt logarithmischer Darstellung (schematisch) (creep curves)