

Prüfung von Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen

Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens

DIN

16 887

Testing of thermoplastics pipes; Determination of the behaviour to long term internal pressure

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm legt Bedingungen sowohl zur Bestimmung von Zeitstand-Innendruckkurven von Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen wie auch zur Extrapolation dieser Kurven auf größere Standzeiten fest. Diese Zeitstandkurven dienen zur Bewertung des Zeitstand-Innendruckverhaltens solcher Rohre.

2 Begriffe

2.1 Prüfspannung

Die Prüfspannung σ in der Innenwand des unter Innendruck p stehenden Rohres mit dem Außendurchmesser d und der Wanddicke s ist durch folgende Gleichung 1 bestimmt:

$$\sigma = p \frac{d - s}{2 \cdot s} \quad (1)$$

2.2 Prüftemperatur

Die Prüftemperatur ϑ ist die Temperatur des Rohres während des Zeitstand-Innendruckversuches.

2.3 Standzeit

Die Standzeit t ist die Zeit vom Beginn des Zeitstand-Innendruckversuches bis zum Bruch oder Undichtwerden des Probekörpers.

2.4 Zeitstand-Innendruckversuch

Der Zeitstand-Innendruckversuch dient zur Ermittlung der Standzeit von Probekörpern in Form von Rohrabschnitten (kurz „Rohr“ genannt) bei statischer Innendruckbeanspruchung, bei dem neben dem Innendruck die Temperatur eine wesentliche Einflußgröße ist.

3 Grundlage des Verfahrens

3.1 Prüfspannungen

Für jede Zeitstandkurve bei einer Prüftemperatur sind die Standzeiten der Rohre bei mindestens 3 verschiedenen Prüfspannungen zu ermitteln. Bei jeder gewählten Prüfspannung sind mindestens 5 Rohre zu prüfen.

3.1.1 Die Prüfspannungen sind so zu wählen, daß sich von den insgesamt 15 Prüfungen jeweils mindestens 3 Einzelergebnisse in jedem der 4 Bereiche ergeben:

10 h bis	100 h
über 100 h bis	1 000 h
über 1 000 h bis	10 000 h
über 10 000 h	

3.1.2 Bei Zeitstandkurven mit einem abknickendem Ast (Bild 2, Modell 2) sind zwei der Prüfspannungen so zu wählen, daß Standzeiten im Bereich des steil abfallenden Astes der Zeitstandkurve erreicht werden. Die Prüfspannungen müssen sich so unterscheiden, daß die Steigung des steilen Astes ermittelt werden kann. Hierbei kann von der Forderung nach Abschnitt 3.1.1 abgewichen werden.

3.2 Prüftemperaturen

3.2.1 Bei Werkstoffen, für die in den Grundnormen für Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen Zeitstand-Innendruckdiagramme veröffentlicht worden sind, sind die Prüfungen mindestens bei folgenden 3 Prüftemperaturen durchzuführen:

- ϑ_1 20 °C
- ϑ_2 die in den Diagrammen angegebene höchste Temperatur
- ϑ_3 etwa 20 K unterhalb von ϑ_2

3.2.2 Bei Werkstoffen, für die noch keine Zeitstand-Innendruckdiagramme veröffentlicht worden sind, sind die Prüfungen bei mindestens 3 Temperaturen durchzuführen, wobei sich die höchste Prüftemperatur bei teilkristallinen Thermoplasten nach der Kristallit-Schmelztemperatur (Peaktemperatur nach ISO 3146 : 1985 *) und bei amorphen Thermoplasten nach der Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50 (Bestimmung nach DIN 53 460) richtet:

- ϑ_1 20 °C
- ϑ_2 etwa 20 K unterhalb der Kristallit-Schmelztemperatur bzw. der Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50
- ϑ_3 etwa 20 K unterhalb von ϑ_2

Weitere Prüftemperaturen sind notwendig, wenn die Differenz zwischen ϑ_1 und ϑ_3 größer als 60 K ist. Diese weiteren Prüftemperaturen sind so zu wählen, daß die Differenz zwischen den einzelnen Temperaturen kleiner als 60 K ist. Vorzugsweise sind die Temperaturen 20, 40, 60, 80, 95, 110, 120 und 140 °C zu wählen.

4 Probekörper

4.1 Probenahme

Den Rohren werden als Probekörper Rohrabschnitte (im folgenden kurz „Rohre“ genannt) mit folgenden Längen l_1 entnommen:

- für $d \leq 250$ mm : $l_1 \approx 3d + 2 l_5 + 250$ mm
- für $d > 250$ mm : $l_1 \approx 1000$ mm + $2 l_5$

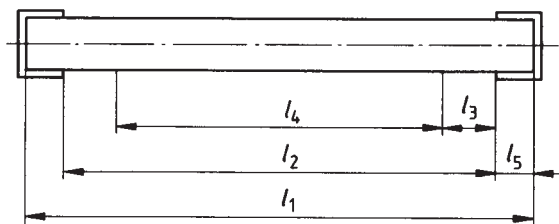


Bild 1. Probekörper

Hierin bedeuten:

- d Rohr-Außendurchmesser in mm
- l_1 Probekörperlänge in mm

*) Eine Norm über die Bestimmung der Peaktemperatur ist in Vorbereitung

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Normenausschuß Kunststoffe (FNK) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

- l_2 Prüflänge in mm
- l_3 Länge der Einflußzone der Einspannung
für $d \leq 250$ mm : $l_3 = d$
für $d > 250$ mm : $l_3 = 250$ mm
- l_4 Bewertungslänge: $l_4 = l_2 - 2 l_3$
- l_5 Einspannlänge in mm (erforderlich zum Anbringen eines Verschlußstückes)

5 Durchführung

Innerhalb der Bewertungslänge l_4 des Rohres wird die Wanddicke s an 8 verschiedenen Stellen und der Außendurchmesser d an 3 verschiedenen Stellen durch Umfangmessung auf 0,1 mm gemessen und die minimale Wanddicke s_{min} und der mittlere Außendurchmesser \bar{d} bestimmt.

Das Rohr wird an beiden Enden mit Verschlußstücken so versehen, daß auch die vom Innendruck herrührenden axialen Kräfte auf das Rohr übertragen werden. Durch eine Öffnung an einem der Verschlußstücke wird das Rohr mit Wasser von Prüftemperatur ¹⁾ (Grenzabweichung ± 5 K) gefüllt, in ein auf Prüftemperatur (Grenzabweichung ± 1 K) aufgeheiztes Temperierbad gebracht und zur Temperaturangleichung mindestens 1 Stunde im Bad gelagert. Wird das Rohr mit Wasser niedrigerer Temperatur gefüllt, ist die Lagerung im Prüfbad auf 12 Stunden zu erhöhen, um die Temperaturangleichung sicherzustellen.

Anschließend wird der Druck in dem im Temperierbad befindlichen Rohr stoßfrei innerhalb 1 Minute bis zum vorgesehenen Prüfdruck gesteigert. Der Prüfdruck ist mit einer Grenzabweichung von $\pm 2,5\%$ während der Beanspruchungsdauer (bis zum Bruch) einzuhalten.

Bei Prüftemperaturen über 95 °C ist sofort nach Einbringen des Rohres in das Temperierbad ein Innendruck aufzubringen, der den Dampfdruck des Wassers bei der Prüftemperatur übersteigt. ²⁾ Der Prüfdruck p_e, p wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$p_e, p = \frac{2 s_{min} \cdot \sigma}{\bar{d} - s_{min}} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- \bar{d} mittlerer Außendurchmesser in der Bewertungslänge l_4
- s_{min} minimale Wanddicke in der Bewertungslänge l_4
- σ Prüfspannung

Es wird die Beanspruchungsdauer (Standzeit) festgestellt, nach der das Rohr zu Bruch gegangen oder undicht geworden ist. Versuche, bei denen innerhalb der Länge l_3 (Einflußzone der Einspannung) das Rohr versagt hat, werden nicht gewertet und sind zu wiederholen.

6 Auswertung

6.1 Werkstoffe, deren Zeitstanddiagramm veröffentlicht ist

Die Standzeiten der Rohre werden in das veröffentlichte Zeitstand-Innendruckdiagramm eingezeichnet. Liegen mindestens 97,5 % aller Meßpunkte (Standzeiten) oberhalb der veröffentlichten Kurven, so entspricht der Rohrwerkstoff der entsprechenden Grundnorm.

- 1) Bei Prüftemperaturen von 95 °C und darüber kann gegebenenfalls ein anderes bei der Prüftemperatur flüssiges und für die Rohrwand inertes Druckmedium verwendet werden. Dies ist im Prüfbericht anzugeben.
- 2) Ist dieser Innendruck größer als der Prüfdruck nach Gleichung 2, so ist ein anderes bei der Prüftemperatur flüssiges und für die Rohrwand inertes Druckmedium zu verwenden. Dies ist im Prüfbericht anzugeben.

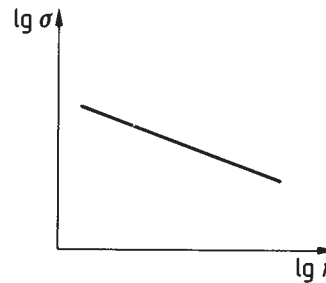
Wird diese Anforderung nicht erreicht, so sind weitere Zeitstand-Innendruckprüfungen an Rohren durchzuführen bei der gleichen Spannung, bei der vorzeitige Ausfälle aufgetreten sind.

6.2 Werkstoffe, für die noch keine Zeitstand-Innendruckdiagramme veröffentlicht sind

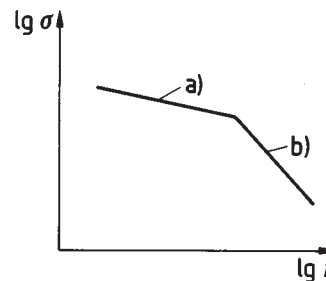
6.2.1 Graphisch-statistische Auswertung

Für diesen Fall ist eine graphisch-statistische Auswertung notwendig.

Die Standzeiten werden in ein Koordinatenpapier mit doppellogarithmischer Teilung für die Prüfspannung (Ordinate) und die Standzeit (Abzisse) eingetragen.



Modell 1. $\lg t = A - B \lg \sigma$



Modell 2. a) $\lg t = A_1 - B_1 \lg \sigma$ b) $\lg t = A_2 - B_2 \lg \sigma$
A, A₁ A₂, B, B₁, B₂ sind Konstante

Bild 2. Modelle für Zeitstandkennlinien

Durch die Punkte der Prüfspannungen mit den niedrigsten Standzeiten wird eine bzw. werden zwei Geraden gelegt, man erhält so eine für die jeweilige Prüftemperatur gültige Zeitstandkennlinie, die sogenannte Mindestzeitstandkurve (siehe Bild 2). Hierbei müssen mindestens 97,5 % aller Meßpunkte auf bzw. über der Zeitstandkennlinie liegen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß in manchen Fällen die Punkte der Prüfergebnisse am besten einer einzigen Geraden nach Modell 1 (lineares Verhalten; siehe Bild 2), in anderen Fällen am besten zweier Geraden nach Modell 2 (abknickendes Verhalten; siehe Bild 2) genügen.

Ferner sind die Geraden so anzupassen, daß ihre (negativen) Steigungen entweder für alle Prüftemperaturen gleich sind (siehe Bild 3a und Bild 3b) oder mit zunehmenden Prüftemperaturen größer werden (siehe Bild 3c und Bild 3d).

6.2.2 Langzeitextrapolation

Um eine Aussage über ein Langzeitverhalten zu bekommen, das über die tatsächliche größte Prüfzeit hinausgeht, ist eine Extrapolation notwendig. Hierzu bedient man sich der Tatsache, daß Bruchvorgänge bei höheren Temperaturen früher auftreten und Extrapolationen von höheren Prüftemperaturen auf niedrigere Betriebstemperaturen somit möglich sind.