Merk- und Arbeitsblätter

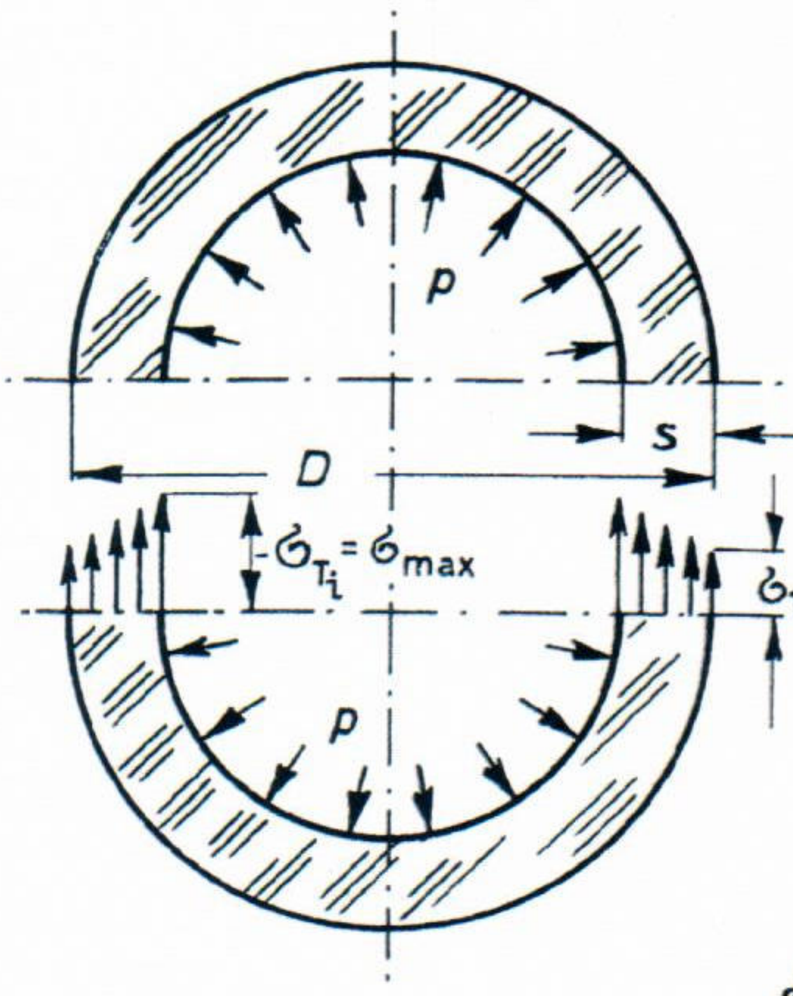
Betriebsdrücke für runde Glas-Hohlzylinder

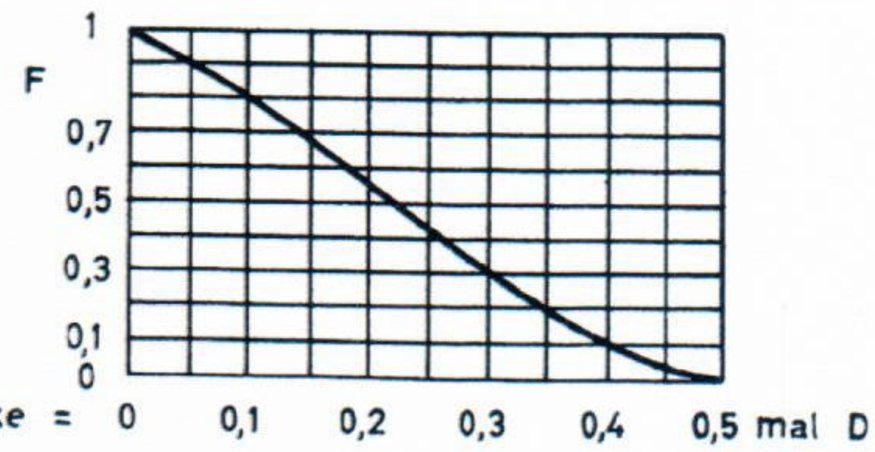
Arbeitsblatt:

0,25

GIT 7 (1963) Heft 1 (Januar)

Das Diagramm gilt für spannungsfreie Rohre und zylindrische Hohlkörper mit kreisrundem Querschnitt, gleichmäßiger Wanddicke und freien Enden, wenn nicht gleichzeitig ungünstige thermische Belastung vorliegt. Der 1-Minuten-Berstdruck (Kaltwasser-Prüfdruck)-Mittelwert liegt beim 5-fachen, der Dauer-Berstdruck-Mittelwert beim 2,5-fachen Druck. Streuen die Berstdruckwerte mit 15% so ist die Bruchwahrscheinlichkeit bei Dauerbeanspruchung etwa $1:10^8$. Wird durch ungünstigen Spannungsgehalt oder Unrundheit die maximale Wandspannung verdoppelt, so nimmt die Bruchwahrscheinlichkeit bei Dauerdruck auf etwa 1:200 zu.





Maximale Glasanstrengung durch tangentiale Zugspannung an der Innenwand.

Lastannahme:

$\sigma_{T_i} = 0{,}8\ kp/mm^2$

innerer Überdruck

80 at, 64, 50, 40, 32, 25, 20, 16, 10, 6, 5, 4, 3, 2, 1 at, 0,5, 0,3, 0,2, 0,1

Wanddicke: 50, 40, 30, 20, mm, 10, 7, 5, 4, 3, 2, 1, 0,7, 0,5, 0,3, 0,2, 0,1

Außendurchmesser: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 200, 300, 500, 1000 mm

1 at ≙ 1 bar

Bei Belastung durch äußeren Überdruck ist das Arbeitsblatt für Implosionsfestigkeit anzuwenden

Betriebsdrücke für runde Glas-Hohlzylinder

Erläuterungen

Allgemeines

Wirkt in einem Hohlzylinder ein innerer Überdruck auf die Wand, so entsteht in dieser ein räumlicher Spannungszustand. Dieser läßt sich beschreiben durch:

a) eine radiale Druckspannung, die an der Innenfläche mit dem Innendruck übereinstimmt und bis zur äußeren Zylinderfläche auf 0 abnimmt.

b) eine gleichmäßig im Wandquerschnitt verteilte achsiale Zugspannung (Längs- oder Meridianspannung) aus der Belastung

$$p \cdot (D - 2s)^2 \frac{\pi}{4},$$

die etwa die Hälfte der Tangentialspannung erreicht,

c) eine Tangentialspannung (Umfangspannung), die in dünnwandigen Zylindern den Mittelwert

$$p \cdot \frac{r}{s}$$

erreicht und in dickwandigen Zylindern deutlich nach außen abnimmt, so daß die tangentiale Zugspannung an der Innenseite ihren Größtwert erreicht.

Die Größe der Spannung an der Außenseite kann für das Durchmesser-Wanddicken-Verhältnis aus der umstehend oben dargestellten kleinen Kurve entnommen werden.

Nach der für Glas anzuwendenden Festigkeitshypothese kann für die Anstrengung des Werkstoffes allein die größte Tangentialspannung genommen werden. Mit Rücksicht auf die in Hohlglaserzeugnissen an der Innenseite meist doch noch vorhandene Zug-Eigenspannung, auf eine geringe Unrundheit, Ungradheit und Ungleichwandigkeit, auch wegen möglicher Glasfehler, der Streuung und der Belastungszeitabhängigkeit der Festigkeitswerte von Glas wurde dem umstehenden Diagramm ein Spannungswert von 0,8 kp/mm² zugrundegelegt. Die Diagrammwerte decken sich mit der praktischen Erfahrung und wurden durch viele Prüfergebnisse bestätigt.

Belastungsdauer

Die umstehenden Diagramm-Werte gelten für Dauerbelastung. Bei kürzeren Belastungsperioden mit entsprechend langen Ruhepausen kann für

8 Std. der 1,4fache, für
1 Std. der 1,6fache, für
1 Min. der 2fache und für
1 Sek. der 2,5fache Druck angewendet

werden.

Glasart

Der Einfluß der Glasart ist gering. Die Berstdruckmittelwerte weicher Alkaliboratgläser liegen bis zu 30 % tiefer, die harter Aluminosilikate bis zu 40 % höher. Quarzglas und kieselsäurereiche Apparategläser halten die Mitte.

Temperaturbeanspruchung

Werden druckbeanspruchte Glaszylinder gleichzeitig thermisch beansprucht, so sind höhere Temperaturen im Inneren ungefährlicher als Erhitzungen von außen. Darum sind besonders entspannte Wasserstandsröhren an Dampfkesseln weniger haltbar als „ungekühlte". Für eine statische thermische Belastung der Glaswand läßt sich der Haltbarkeitsverlust von Fall zu Fall berechnen. Für schockartige thermische Beanspruchung wird die Anwendung des Arbeitsblattes „Temperaturwechselbeständigkeit von Teilen aus Glas und Glasgeräten" (GIT 6, 1962, H 12) empfohlen.

Zylindrische Hohlkörper

Das Diagramm gilt nur für die Zylinderwand. Bei unzweckmäßiger Ausführung des Zylinderbodens, eines Ansatzes oder einer Einspannung können dort Schwachstellen entstehen. Bei Anwendung richtiger Halbkugel-, Ellipsen-, Korbboden- oder auch flacher und eingezogener Böden gelten die Diagrammwerte aber auch für zylindrische Hohlgefäße. Werden schlanke Zylinder an den Enden in Stopfbuchsen gefaßt (Wasserstandsgläser), so nehmen die zulässigen Betriebsdrücke wegen der Knickbeanspruchung mit dem Längen/Durchmesser-Verhältnis ab!

Oberflächenbeschaffenheit

Die Nomogrammwerte gelten für feuerblanke Glasoberflächen. Ist die Innenfläche säurematttiert oder durch chemischen Angriff rauh geworden oder erheblich ausgelaugt, so sind nur die halben Betriebsdruckwerte anzuwenden.

Unrundheit

Gegen Unrundheit sind besonders dünnwandige Zylinder empfindlich. Der Festigkeitsverlust ist dem Unrundheit/Wanddicke-Verhältnis proportional und berechenbar. Wenn die Unrundheit (Unterschied der Durchmesser von In- und Umkreis) mehr als 1/4 der Wanddicke beträgt, sollte die Festigkeit rechnerisch nachgeprüft werden. Ähnliches gilt für die Ungleichwandigkeit und Ungradheit von Glas-Zylindern.

Erich Greil