

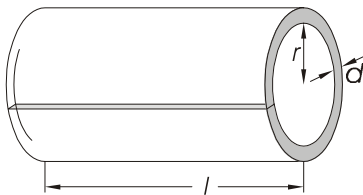
Frage

Der maximale Druck in einem Rohr hängt von Material, Durchmesser und Wandstärke ab. Wie ändert sich die erforderliche Wandstärke bei Rohren mit dem Durchmesser?

Antwort $d = r \cdot p / z$

Die erforderliche Wandstärke d ist proportional zum halben Durchmesser, dem Radius r , zum Druck p und umgekehrt proportional zur Zugfestigkeit z .

Beweis Vorweg: Die Zugfestigkeit z ist die größtmögliche Zugkraft pro Einheitsquerschnitt eines Materials, bevor es zerreißt. Seine Einheit ist N/m^2 .



Ansatz: Denken wir uns das Rohr der Länge nach aufgeschlitzt, wie im Bild links grau markiert. Wenn sich nun durch Dehnung am Schlitz der Rohrradius um den infinitesimalen Wert dr vergrößert, kann folgende Energiebilanz aufgestellt werden: Die für die Dehnung nötige Kraft senkrecht zur Schlitzfläche ($l \cdot d \cdot z$) mal Dehnweg $2\pi \cdot dr$ ist genau diejenige Energie, die durch das Auffüllen des vergrößerten

Rohrvolumens $(r+dr)^2 \cdot \pi \cdot l - r^2 \cdot \pi \cdot l$ bei konstantem Druck p zugeführt wurde.

Arbeit zum Dehnen = Energiezunahme durch Zusatzvolumen

Kraft $\cdot$ Weg = Volumen $\cdot$ Druck

$$l \cdot d \cdot z \cdot 2\pi \cdot dr = [(r+dr)^2 - r^2] \cdot \pi \cdot l \cdot p$$

$$l \cdot d \cdot z \cdot 2\pi \cdot dr = 2r \cdot dr \cdot \pi \cdot l \cdot p \quad (dr^2 \text{ ist vernachlässigbar klein})$$

$$d \cdot z = r \cdot p$$

$$d = r \cdot p / z$$

Beispiel 1 Für sehr hohe Drücke werden Rohre mit möglichst kleinem Durchmesser verwendet.

Beispiel 2 Die erforderliche Wandstärke sinkt proportional zum Durchmesser und zum Druck. Bei Blutkapillaren, beispielsweise, mit wenigen Mikrometern Durchmesser und einem Kapillardruck im Bereich von 1000 Pa ist die erforderliche Wandstärke schon sehr gering.

Beispiel 3 Liegt der Druck im Rohr hingegen im Bereich der Zugfestigkeit ($p = z$), dann muss die Wandstärke so groß sein wie der Rohrradius ($d = r$). Dieser Fall liegt bei Schusswaffen vor. Der Gasdruck von Kleinkaliberpatronen beträgt ab 1000 bar, in Militär- und Jagdbüchsen etwa 3500 bar und in Geschützen bis zu 7000 bar. Die Streckgrenze für Vergütungsstähle von Schusswaffen liegt dagegen bei 7500 bis 12000 bar.

