

Berechnung

100/150 + 100/155 von Handlochern mit
Nennmaß (oval) mit Nenndruck 60 bar

Diese Revision Nr. 3. vom 17.12.2024 betrifft:

Auf Grund der Vorprüfung Nr. 953307 vom TÜV-Rheinland Wurde diese Berechnung mit Berücksichtigung der Korrosionszuschläge zum Beigel und zum Sicken des Deckels durchgeführt, sowie wurde eine It-Dichtung mit EPDM-Bekleidung verwendet.

Die Sicke des Deckels wurde auf die Zusammenwirkung der vom Innendruck und von der Deformation der Dichtung auftretende Kräfte überprüft.



2025 JAN 16.

Die Berechnung bestehet aus 11 Seiten
Kiskunfélegyháza, 17.12.2024

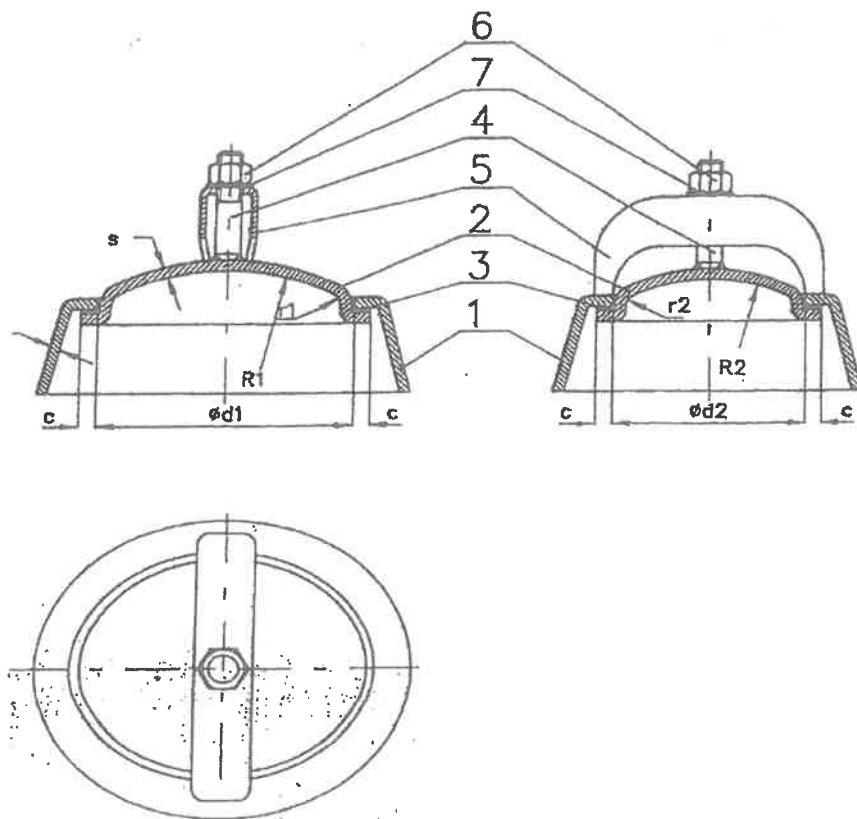
Fekete Szilárd
Berechnet

INHALTVERZEICHNIS

1. Allgemeine Daten
2. Berechnung vom kegelförmigen Ring
3. Berechnung vom Deckel
4. Überprüfung der Dichtung
5. Berechnung vom Sicken des Deckels
6. Berechnung vom Schrauben
7. Berechnung vom Bügel

SKIZZE DES DECKELS

1. Kegelförmiger Ring
2. Deckel
3. Dichtung
4. Schrauben
5. Bügel
6. Mutter
7. Unterlegscheibe



1. ALLGEMEINE DATENBerechnungsdruck: $p = 60 \text{ bar}$ Berechnungstemperatur: $T = 200 \text{ °C}$ **Verwendete Werkstoffqualitäten:**

| <u>Benennung</u> | Werkstoff Norm | Festigkeitskennwerte K (N/mm²) |
|------------------------------------|----------------------------|--|
| Kegelförmiger Ring | P265GH DIN EN 10028-2.2017 | 205 |
| Deckel | P265GH DIN EN 10028-2.2017 | 205 |
| Dichtung | It-EPDM | 60 |
| Bügel | S235 JR+N DIN EN 10025-2 | 182 |
| Schrauben | 4.8 | 155 |
| Sicherheitsbeiwert für Bleche | $S=1,5$ | |
| Sicherheitsbeiwert für Schraube | $S_c=1,8$ | |
| Schweiß Faktor für Bleche | $v=1$ | |
| Korrosionszuschlag | $c_2 = 1 \text{ mm}$ | |
| Berechnet als Minimalwert, deshalb | $c_1 = 0 \text{ mm}$ | |

Angewendete Berechnungsverfahren gemäß den AD-Merkblättern der Reihe B und gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Auf der Prüfdruck wurde nicht überprüft, weil der Prüfdruck den 1,3-fachen Berechnungsdruck nicht übersteigt.

Beim Oval wird das größere Maß, als Durchmesser berücksichtigt und die Berechnung erfolgt damit, mit Ausnahme der Berechnung von Dichtungskraft, wobei maßgebend das mittlere Maß ist.

Beim Biegen erfolgt die Berechnung mit der Grenzbelastung.

2. Berechnung vom kegelförmigen Ring gemäß AD-Merkblatt B2

| | | |
|------------------------------------|-----|-----------|
| Die größere Achse der Kegelbasis | Dk= | 228,6 mm |
| Kegelöffnungswinkel | fi= | 15 ° |
| Druck | p= | 60 bar |
| Festigkeiten werte | K= | 205 N/mm2 |
| Sicherheitsbeiwert für Bleche | S= | 1,5 |
| Schweiß Faktor für Bleche | v= | 1 |
| Berechnet als Minimalwert, deshalb | c1= | 0 |
| Korrosionszuschlag | c2= | 1 |

Die anderen Formelzeichen gemäß Punkt 1.

Die erforderliche Wanddicke:

$$s' = ((Dk \cdot p \cdot 1 / \cos fi) / ((20 \cdot K / S \cdot v) - p)) + c1 + c2$$

$$s' = ((228,6 \cdot 60 \cdot 1 / \cos 15) / ((20 \cdot 205 / 1,5 \cdot 1) - 60)) + 0 + 1$$

$$s' = 6,3 \text{ mm}$$

Die effektive Wanddicke

$$sk = 7,5 \text{ mm}$$

3. Berechnung vom Deckel gemäß AD-Merkblatt B3 (Da = 150,0 mm)

| | | |
|---------------------------------------|-------|-----------|
| Außen Durchmesser am Bord des Deckels | Da= | 150 mm |
| Berechnungsbeiwerte (Form) | beta= | 1,7 |
| Druck | p= | 60 bar |
| Festigkeiten werte | K= | 205 N/mm2 |
| Sicherheitsbeiwert für Bleche | S= | 1,5 |
| Schweiß Faktor für Bleche | v= | 1 |
| Berechnet als Minimalwert, deshalb | c1= | 0 |
| Korrosionszuschlag | c2= | 1 |

Die anderen Formelzeichen gemäß Punkt 1.

Die erforderliche Wanddicke:

$$s' = ((Da \cdot p \cdot \beta) / (40 \cdot K / S \cdot v)) + c1 + c2$$

$$s' = ((150 \cdot 60 \cdot 1,7) / (40 \cdot 205 / 1,5 \cdot 1)) + 0 + 1$$

$$s' = 3,8 \text{ mm}$$

Die effektive Wanddicke

$$sk = 7,3 \text{ mm}$$

3.1 Berechnung vom Deckel gemäß AD-Merkblatt B3 (Da = 155,0 mm)

| | | |
|---------------------------------------|-------|-----------------------|
| Außen Durchmesser am Bord des Deckels | Da= | 155 mm |
| Berechnungsbeiwerte (Form) | beta= | 1,7 |
| Druck | p= | 60 bar |
| Festigkeiten werte | K= | 205 N/mm ² |
| Sicherheitsbeiwert für Bleche | S= | 1,5 |
| Schweiß Faktor für Bleche | v= | 1 |
| Berechnet als Minimalwert, deshalb | c1= | 0 |
| Korrosionszuschlag | c2= | 1 |

Die anderen Formelzeichen gemäß Punkt 1.

Die erforderliche Wanddicke:

$$s' = ((Da \cdot p \cdot \beta) / (40 \cdot K / S \cdot v)) + c1 + c2$$

$$s' = ((155 \cdot 60 \cdot 1,7) / (40 \cdot 205 / 1,5 \cdot 1)) + 0 + 1$$

$$s' = 3,9 \text{ mm}$$

Die effektive Wanddicke

$$s_k = 7,4 \text{ mm}$$

4. Überprüfung der Dichtung gemäß AD-Merkblatt B7 (100/150)

| | | |
|--|---------------------------|------------|
| Die größere Achse der Dichtung | $d_1 =$ | 180 mm |
| Die kleinere Achse der Dichtung | $d_2 =$ | 130 mm |
| Der mittlere Durchmesser | $d_D = (d_1 + d_2) / 2 =$ | 155 mm |
| Dichtungsbreite | $b =$ | 15 mm |
| Wirksame Dichtungsbreite | $b_D = b / 2 =$ | 7,5 mm |
| Durchmesser der Dichtungsmitte | $U_D = \pi \cdot d_D =$ | 486,95 mm |
| Bau Formänderung der Dichtung | k_o | |
| Formänderungswiderstand des Dichtungswerkstoffes | K_D | |
| Für lt-EPDM | $k_o \cdot K_D =$ | 12 * b_D |

Die erforderliche Schraubenkraft (bei der Montage):

$$FDV = U_D \cdot k_o \cdot K_D = 486,95 \cdot 12 \cdot 7,5 = 43825 \text{ N}$$

Weil die Schraubenkraft für Betriebszustand beträgt:

$$FSB = 0 < FDV = 43825 \text{ N}$$

deshalb die erforderliche Dichtungskraft bei der Montage

$$FDV' = 0,2 \cdot FDV = 0,2 \cdot 43825 = 8765 \text{ N}$$

Die auf die Dichtung im Betriebszustand wirkende Kraft:

Ersatz des Druckes im MPa

$$F = (d_D^2 \cdot \pi \cdot p) / 4 = (155^2 \cdot 3,1415 \cdot 60 / 10) / 4 = 113215 \text{ N}$$

Dichtungsoberfläche:

$$A_t = d_D \cdot \pi \cdot b_D = 155 \cdot 3,1415 \cdot 7,5 = 3652 \text{ mm}^2$$

Dichtungsoberflächenpressung:

$$p_t = (F + FDV) / A_t = (113215 + 43825) / 3652 = 33 \text{ N/mm}^2$$

$p_t = 33 \text{ N/mm}^2 < p_m = 60 \text{ N/mm}^2$ deshalb die Dichtung entspricht.

4.1 Überprüfung der Dichtung gemäß AD-Merkblatt B7 (100/155)

| | | |
|--|--------------------|---------------|
| Die größere Achse der Dichtung | $d1=$ | 180 mm |
| Die kleinere Achse der Dichtung | $d2=$ | 130 mm |
| Der mittlere Durchmesser | $dD=(d1+d2) /2=$ | 155 mm |
| Dichtungsbreite | $b=$ | 12,5 mm |
| Wirksame Dichtungsbreite | $bD=b/2=$ | 6,25 mm |
| Durchmesser der Dichtungsmitte | $UD=\pi \cdot dD=$ | 486,95 mm |
| Bau Formänderung der Dichtung | ko | |
| Formänderungswiderstand des Dichtungswerkstoffes | KD | |
| Für lt-EPDM | $ko \cdot KD=$ | $12 \cdot bD$ |

Die erforderliche Schraubenkraft (bei der Montage):

$$FDV = UD \cdot ko \cdot KD = 486,95 \cdot 12 \cdot 6,25 = 36521 \text{ N}$$

Weil die Schraubenkraft für Betriebszustand beträgt:

$$FSB = 0 < FDV = 36521 \text{ N}$$

deshalb die erforderliche Dichtungskraft bei der Montage

$$FDV' = 0,2 \cdot FDV = 0,2 \cdot 36521 = 7304 \text{ N}$$

Die auf die Dichtung im Betriebszustand wirkende Kraft:

Ersatz des Druckes im MPa

$$F = (dD^2 \cdot \pi \cdot p) / 4 = (155^2 \cdot 3,1415 \cdot 60 / 10) / 4 = 113215 \text{ N}$$

Dichtungssoberfläche:

$$At = dD \cdot \pi \cdot bD = 155 \cdot 3,1415 \cdot 6,25 = 3043 \text{ mm}^2$$

Dichtungssoberflächenpressung:

$$pt = (F + FDV) / At = (113215 + 36521) / 3043 = 49 \text{ N/mm}^2$$

$pt = 49 \text{ N/mm}^2 < pm = 60 \text{ N/mm}^2$ deshalb die Dichtung entspricht.

5. Überprüfung von Sicken des Deckels (auf die Grenzbelastung)

Die aus dem Druck resultierende und von der Deformation der Dichtung Kraft ($F+FDV'$) wird als eine in der Mitte der Dichtung wirkende Linienbelastung moduliert. Die Sicke am Deckel wird als eingespannte Konsolträger berücksichtigt, deren Länge eine Einheitsgröße beträgt.

Die Kraft bezüglich einer Einheitsgröße der Länge:

$$F1 = (F + FDV') / (\pi \cdot dD) =$$

$$F1 = (113215 + 8765) / (3,1415 \cdot 155) = 250,5 \text{ N/mm}$$

Das Maximalmoment auf den eingespannten Konsolträger:

$$M_{\max 1} = (bD \cdot F1) / 2 =$$

$$M_{\max 1} = (7,5 \cdot 250,5) / 2 = 939 \text{ N}$$

Das Widerstandsmoment des Konsolträgers:

$$K1 = (1 \cdot (s-1)^2) / 6 =$$

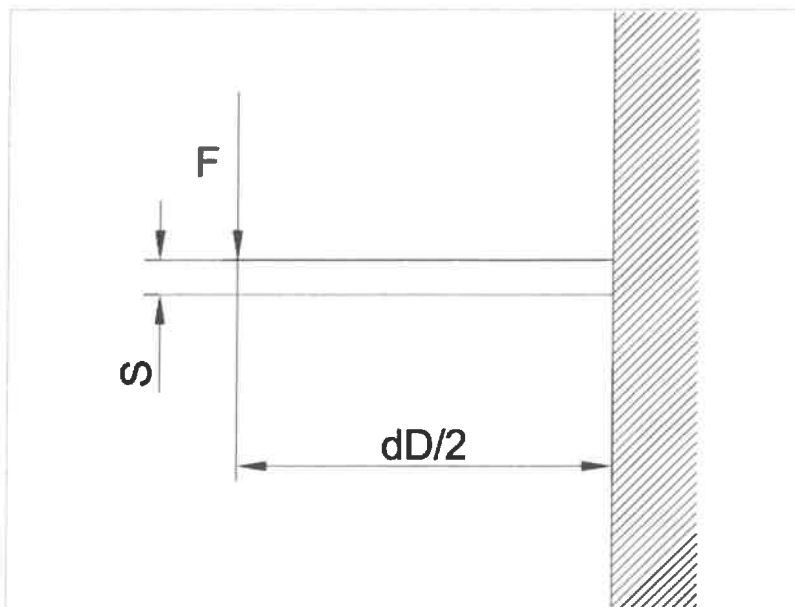
$$K1 = (1 \cdot (7,3-1)^2) / 6 = 6,62 \text{ mm}^3$$

Die im Träger auftretende Spannung beträgt:

$$f1 = M_{\max 1} / K1 =$$

$$f1 = 939 / 6,62 = 142 \text{ N/mm}^2$$

Weil $f1 = 142 \text{ N/mm}^2 < K = 182 \text{ N/mm}^2$, der Deckel entspricht.



6. Überprüfung von Schrauben und den Schraubeneinschweissen

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Nennmaß der Schraube | M16 |
| Kerndurchmesser des Schraubengewindes | $d_m = 13,5 \text{ mm}$ |
| Schraubenkraft (aus Punkt 4.) | $FDV' = 8765 \text{ N}$ |

Kernquerschnitt einer Schraube:

$$A_c = (d_m^2 \cdot \pi) / 4 =$$

$$A_c = (13,5^2 \cdot 3,1415) / 4 = 143 \text{ mm}^2$$

Die in der Schraube auftretende Spannung:

$$f_c = FDV' / A_c = 8765 / 143 = 61 \text{ N/mm}^2$$

Weil $f_t = 61 \text{ N/mm}^2 < K_c / S_c = 86 \text{ N/mm}^2$ die Schraube entspricht.

Überprüfung der Schweißnaht zwischen der Schraube und dem Deckel:

| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| AußenDurchmesser der Schweißnaht | $d_{c2} = 18 \text{ mm}$ |
| Innendurchmesser der Schweißnaht | $d_{c1} = 8 \text{ mm}$ |
| Schweiß Faktor für Schraube | $v_c = 0,85$ |

Querschnitt der Schweißnaht:

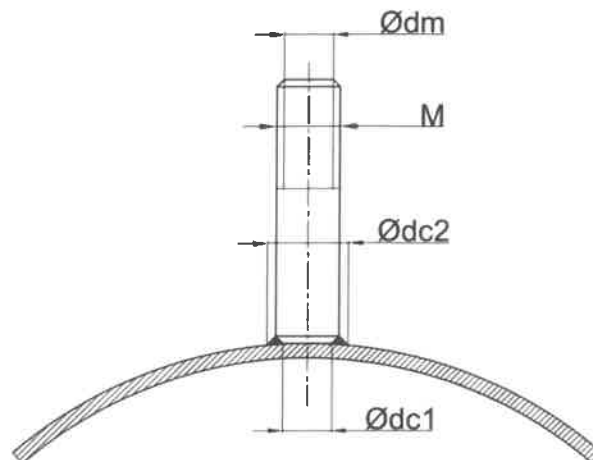
$$A_v = (d_{c2}^2 - d_{c1}^2) / 4 \cdot \pi = (18^2 - 8^2) / 4 \cdot 3,1415 = 204 \text{ mm}^2$$

Die in der Schweißnaht auftretende Spannung:

$$f_v = FDV' / A_v = 8765 / 204 = 43 \text{ N/mm}^2$$

Weil $f_v = 43 \text{ N/mm}^2 < K_c \cdot v_c / S_c = 73 \text{ N/mm}^2$

die Schweißnaht entspricht.



7. Berechnung vom Bügel

Die Berechnung erfolgt wie für einen einfachen Träger, der mit einer in der Mitte konzentrierten Kraft belastet ist.

Konzentrierten Kraft belastet ist. Das Biegemoment vergrößert sich linear in die Richtung zum Mittelpunkt, wo es seinen Maximalwert erreicht.

| | | |
|-----------------------------------|-------|--------|
| Der Maß der Achse | d2= | 100 mm |
| Die Basis maß des Bügels | c= | 15 mm |
| Die Schraubenkraft (aus Punkt 4.) | FDV'= | 8765 N |

Das Maximalmoment:

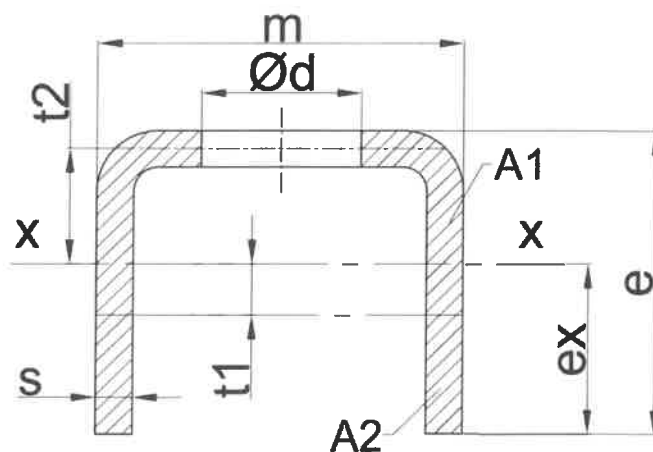
$$M_{\max} = (d2+c) * FDV' / 4 = ((100+15) * 8765) / 4 = 251995 \text{ Nmm}$$

Das erforderliche Widerstandsmoment in der Mitte des Bügels, dessen Querschnitt sich verändert (wo das Moment maximal ist und durch eine Bohrung verschwächt ist).

Das erforderliche Widerstandsmoment:

$$K = 182 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{xs} = M_{\max} / K = 251995 / 182 = 1385 \text{ mm}^3$$



Geometrie des Bügelquerschnittes:

| | | |
|--------------------------------|----------|-------|
| Basis der U-Form | m= | 39 mm |
| Stangenlänge der U-Form | e= | 32 mm |
| Dicke der U-form | s= | 3 mm |
| Dicke der U-Form ohne Zuschlag | s'=s-c2= | 2 |
| Durchmesser des Ausschnittes | d= | 18 mm |

Basisquerschnitt der U-Form:

$$A1=e*s= 32 * 3 = 96 \text{ mm}^2$$

Stangenguerschnitt der U-Form:

$$A2= (m - d) * s= (39 - 18) * 3 = 63 \text{ mm}^2$$

Abstand des Schwerpunktes der Stangenquerschnitten von der gemeinsamen Achse:

$$ex=(2*A1*(e/2) + A2*(s'/2+e)) / (2*A1+A2) =$$

$$ex= (2*96*(32/2) + 63(2/2+32)) / (2*96+63) = 20,2 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunktes des Basisquerschnittes von der gemeinsamen Achse:

$$t1= ex - (e / 2) =$$

$$t1= 20 - (32 / 2) = 4,2 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunktes des Basisquerschnittes von der gemeinsamen Achse:

$$t2 = e + (s'/2) - ex =$$

$$t2 = 32 + (2/2) - 20,2 = 12,8 \text{ mm}$$

Das Trägheitsprodukt bezüglich der gemeinsamen Achse:

$$Ix= ((2*s*e^3) / 12) + 2 * A1 * t1^2 + ((m-d) * s^3 / 12) + A2 * t2^2 =$$

$$Ix= (2*3*32^3) / 12 + 2*96*4,2^2 + ((39-18) * 3^3) / 12 + 63* 12,8^2 = 30140,05 \text{ mm}^4$$

Effektives Widerstandsmoment:

$$Kx = Ix / ex = 30140,05 / 20 = 1492 \text{ mm}^3$$

Weil $Kxs = 1385 \text{ mm}^3 < Kx = 1492 \text{ mm}^3$ der Bügel entspricht.