
Kunde Customer	Bero Technik AG
Benennung Description	BLR-Thermowell (DN100)
Auftrags- Nr. Comm Nr.	21001.6.01
Aufgabe Assignment	Festigkeitsberechnung eines Behälters infolge Innendruck
Regelwerk Code	EN13445-3
Ansprechpartner Contact	Prashanth Turlapati

Inhalt

1	Allgemein / General	3
1.1	Auslegungsdaten / Design Data	3
1.2	Verwendete Unterlagen / used document	3
1.3	Werkstoffdaten / Material Data	4
2	Innendruck / inside pressure	5
2.1	Prüfdruck / test pressure	5
2.2	Boden / head	7
2.3	Mantel / shell	11
3	Ergebnisse / result	13

1 Allgemein / General

1.1 Auslegungsdaten / Design Data

Druckraum / Pressure Room		1
Auslegungsdruck/ Design Pressure	bar	25
Prüfdruck /Test Pressure	bar	39.25
Auslegungs- Temperatur/ Design Temperatur	°C	200
Schweißnahtfaktor / Joint Efficiency Factor		1
Korrosion / Corrosion	mm	0

1.2 Verwendete Unterlagen / used document

Bero Technik AG

Zeichnungs Nr. / Drawing-Nr.	21001.6.01
Berechnungs Code / Calculation- Code	EN13445-3

1.3 Werkstoffdaten / Material Data

Pos.	Werkstoff Material	zul. Spannungen $R_{p0.2@200^{\circ}\text{C}}$ / all. stresses $R_{p0.2@200^{\circ}\text{C}}$ /
1.	1.4404 (Kappe / head)	130 MPa
2.	1.4404 (mantel / shell)	110 MPa

Toleranz / Tolerance (c1) : plate- EN10029A , pipe: $0.125 \cdot s_e$, Korrosion / corrosion (c2) = 0 mm

2 Innendruck / inside pressure

2.1 Prüfdruck / test pressure

Projekt :
Zeichnungsnr.:
Dateiname :

Datum : 1/6/2021
Bearb.: Anwender
Seite : 1 von 2

Berechnung des Flüssigkeits-Prüfdruckes

EN 13445-5: 2015-12

Bez. / Pos-Nr : .

Sicherheitskonzept . . . : 3 - nach EN-13445 Prüfgruppe 1-3

Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3 : 2 - Prüfgruppe 2

Im Zeitstandsbereich mit extrapolierten Rp..-Werten rechnen? : 1 - Ja

Betriebsdaten

P = 25 bar Berechnungsdruck
T = 200 °C Berechnungstemperatur
T' = 20 °C Temperatur im Prüfzustand
YP = 1 daN/dm³ spezif. Gewicht des Prüfmediums
YF = 1 daN/dm³ spezif. Gewicht des Betriebsmediums

Behälterlage im Betrieb . : 2 - stehend
Behälterlage bei Druckprüfung : 2 - stehend
Verhältnisses fd20/fd . : 2 - minimales Verhältnis

Werkstoffdaten

1. Position / Bezeichnung : Rohr

se = 3.05 mm massgebliche Wanddicke

Material

Code-Nr.: 1273 - X 2 CrNiMo 17 13 2 (1.4404) DIN EN 10216-5:2014-03;

E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN 17440

Grenztemp. der interkristallinen Korrosion: 400°C

fd = 110.0 N/mm² Rp1.0 = 165.0 N/mm² S = 1.50 [200.0 °C, 3.0 mm]
fd20 = 150.0 N/mm² Rp1.0 = 225.0 N/mm² S = 1.50 [20.0 °C, 3.0 mm]
fd = 110.0 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 200°C
fd20 = 150.0 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 20°C

2. Position / Bezeichnung : Kappe

se = 3.0 mm massgebliche Wanddicke

Material

Code-Nr.: 838 - X 2 CrNiMo 17 12 2 (1.4404) DIN EN 10028-7:2008-02;

E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN EN 10088-1

fd = 130.0 N/mm² RmT = 390.0 N/mm² S = 3.00 [200.0 °C, 3.0 mm]
fd20 = 173.3 N/mm² Rm20 = 520.0 N/mm² S = 3.00 [20.0 °C, 3.0 mm]
fd = 130.0 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 200°C
fd20 = 173.3 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 20°C

3. Position / Bezeichnung : Flansch

se = 50 mm massgebliche Wanddicke

Material

Code-Nr.: 1048 - X 2 CrNiMo 17 12 2 (1.4404) DIN EN 10222-5:2000-02

fd = 130.0 N/mm² RmT = 390.0 N/mm² S = 3.00 [200.0 °C, 50.0 mm]
fd20 = 163.3 N/mm² Rm20 = 490.0 N/mm² S = 3.00 [20.0 °C, 50.0 mm]
fd = 130.0 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 200°C
fd20 = 163.3 N/mm² zul. Spannung (Betrieb) bei 20°C

Fortsetzung : EN 13445-5: Berechnung des Flüssigkeits-Prüfdruckes
Projekt :
Zeichnungsnr.:

Datum : 1/6/2021
Bearb.: Anwender
Seite : 2 von 2

Bez./ Pos-Nr : .

Ergebnis

Geltungsbereich: Nur gültig für eine Flüssigkeits-Druckprüfung!

Achtung!

Es wird vorausgesetzt, dass das Manometer während des Prüfvorganges am höchsten Punkt des stehenden oder liegenden Behälters angeordnet ist.

Zwischenergebnisse		Werkstoff	*	Wanddicke mm	Faktor fd20/fd	Fp	erf Prüf- druck
Nr	Bauteil Bez.						
1	Rohr	X 2 CrNiMo	D	3.000	1.364	1.705	42.61 bar
2	•Kappe	X 2 CrNiMo	D	3.000	1.333	1.666	41.66 bar
3	•Flansch	X 2 CrNiMo	D	50.000	1.256	1.570	39.25 bar

Der Prüfdruck beträgt **pT = 39.25 bar**, massgebliches Bauteil lfd. Nr 3
Kein zusätzl. Druck aus stat.Flüssigkeitssäule des Betriebszustandes.

* D = Werte aus DIMy-Datenbank bzw. F = freie Eingabe
K20= Festigkeitskennwert bei 20°C, bei Kupfer K20/S
K = Festigkeitskennwert bei Berechnungstemperatur, bei Kupfer K/S
Fp= Prüfdruckfaktor = max(1,43; 1,25*K20/K)
fd20= zul. Spannung bei 20°C
fd = zul. Spannung bei Berechnungstemperatur
Fp= Prüfdruckfaktor = max(1,43; 1,25*fd20/fd)

Achtung: Es ist zu überprüfen, ob alle Komponenten des Druckgerätes für diesen Prüfdruck ausreichend bemessen sind.

2.2 Boden / head

Projekt :
Zeichnungsnr.:
Dateiname :

Datum : 1/6/2021
Bearb.: Anwender
Seite : 1 von 2

Gewölbte Böden nach EN-13445 Abschnitt 7/8.8/9 EN 13445-3: Ausgabe 4 (2018-07), Abschnitt 7.8.8 und 9

Bez./ Pos-Nr : .

Sicherheitskonzept . . . : 3 - nach EN-13445
Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3 : 2 - Prüfgruppe 2

Betriebsdaten

Auslegungszustand . . . : 1 - Betrieb
Berechnung für Abs. 17 (Ermüdunglebensdauer) : 0 kein
P = 25 bar Berechnungsdruck
t = 200 °C Berechnungstemperatur

Boden

Bodentyp : 4 - Klöpperboden

Material

Code-Nr.: 838 - X 2 CrNiMo 17 12 2 (1.4404) DIN EN 10028-7:2008-02;

E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN EN 10088-1

fs = 130.0 N/mm² RmT = 390.0 N/mm² S = 3.00 [200.0 °C, 3.0 mm]

fs_test = 260.0 N/mm² Rm20 = 520.0 N/mm² S' = 2.00 [20.0 °C, 3.0 mm]

Rp0.2 = 137.0 MPa Streckgrenze

= 91.3 MPa Rp0.2/1.5 EN 13445 Abs.7.5.3.2

nahtloser kaltumgeformter austenit. Stahl n. 7.5.3.2 : 0 kein

E = 186000 MPa Elastizitätsmodul

z = 1 Schweißnahtfaktor

De = 114.3 mm Außendurchmesser des Mantels / Bodens

en = 3.05 mm Nennwanddicke des Bodens

δe = -0.4 mm Herstellungstoleranz

c = 0 Korrosionszuschlag: korrosionsgeschützt

en,c = 3.05 mm Nennwanddicke des zyl. Bords

lcyl = 40 mm Länge des zyl. Bords

R = 114.300 mm innerer Kalottenradius des Bodens

r = 11.430 mm innerer Krempenradius des Bodens

Ergebnis

bei Abmessungen: (vorh-erf)/erf , bei sonst. Angaben: (zul-vorh)/vorh)

Prozentangaben bedeuten Ueber-/Unterdimensionierungen

Boden

erforderliche Wanddicke des Bodens:

e = 1.53 mm max(es, ey, eb)

ea = 2.65 mm Berechnungswanddicke = en-δe-c

δe = 0.40 mm

c = 0.00 mm

73 %

es = 1.10 mm $P/10 \cdot R / (2 \cdot fs \cdot z - 0.5 \cdot P/10)$ [7.5-1]

ey = 1.53 mm $(\beta \cdot P/10 \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot Di)) / fs$ [7.5-2]

β = 0.741 $10 \cdot ((0.2 - X) \cdot \beta 0.1 + (X - 0.1) \cdot \beta 0.2)$ [7.5-16]

β0.1 = 0.753 [7.5-15]

β0.2 = 0.500 [7.5-17]

X = 0.105 r/Di [7.5-11]

Y = 0.013 $\min\{e/R; 0.04\}$ [7.5-9]

Z = 1.873 $\log(1/Y)$ [7.5-10]

N = 0.886 $1.006 - 1 / (6.2 + (90 \cdot Y)^4)$ [7.5-12]

eb = entfällt $ey > 0.005 \cdot Di$ (Abs. 7.5.3.2, Anmerk. 3)

ey/Di = 0.01406

f,b = 91.33 MPa Rp0.2 / 1.50 [7.5-4]

Fortsetzung : EN 13445-3: Gewölbte Böden nach EN-13445 Abschnitt 7...	Datum :	1/6/2021
Projekt :	Bearb.:	Anwender
Zeichnungsnr.:	Seite :	2 von 2

Bez./ Pos-Nr : .

erforderliche Wanddicke des zylindrischen Bordes:

lcylerf=	3.40 mm	= $0.2\sqrt{Di \cdot e}$	lcyl = 40.00 mm	[7.5.3.4]
ec	=	1.06 mm	$P/10 \cdot Di / (2 \cdot fs \cdot z - P/10)$	[7.4-1]
ea,c	=	2.65 mm	vorhandene Wanddicke = en,c- δe -c	
		150 %		

höchstzulässiger innerer Überdruck des unverschwächten Bodens:

Pmax	=	48.30 bar	ABS(min(Ps, Py, Pb, Pc_max))	
Ps	=	59.59 bar	$20 \cdot fs \cdot z \cdot ea / (R + 0.5 \cdot ea)$	[7.5-6]
Py	=	48.30 bar	$10 \cdot fs \cdot ea / (\beta \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot Di))$	[7.5-7]
β	=	0.663	nach 7.5.3.5	
Pb	=	entfällt	ea > 0.005 * Di (Abs. 7.5.3.2, Anmerk. 2)	
ey/Di	=	0.02431		
Pc_max	=	61.69 bar	max. zul. Druck zyl. Bord	

Projekt :
Zeichnungsnr.:
Dateiname :

Datum : 1/6/2021
Bearb.: Anwender
Seite : 1 von 2

Gewölbte Böden nach EN-13445 Abschnitt 7/8.8/9

EN 13445-3: Ausgabe 4 (2018-07), Abschnitt 7.8.8 und 9

Bez./ Pos-Nr : .

Sicherheitskonzept . . . : 3 - nach EN-13445
Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3 : 2 - Prüfgruppe 2

Betriebsdaten

Auslegungszustand . . . : 2 - Prüfung
Berechnung für Abs. 17 (Ermüdunglebensdauer) : 0 kein
P = 39.25 bar Berechnungsdruck
t = 20.0 °C Berechnungstemperatur

Boden

Bodentyp : 4 - Klöpperboden

Material

Code-Nr.: 838 - X 2 CrNiMo 17 12 2 (1.4404) DIN EN 10028-7:2008-02;
E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN EN 10088-1
fs_test = 260.0 N/mm² Rm20 = 520.0 N/mm² S' = 2.00 [20.0 °C, 3.0 mm]
Rp0.2 = 220.0 MPa Streckgrenze
= 209.5 MPa EN 13445 Abs.7.5.3.2
nahtloser kaltumgeformter austenit. Stahl n. 7.5.3.2 : 0 kein
E = 200000 MPa Elastizitätsmodul
z = 1 Schweißnahtfaktor
De = 114.3 mm Außendurchmesser des Mantels / Bodens
en = 3.05 mm Nennwanddicke des Bodens
δe = -0.4 mm Herstellungstoleranz
c = 0 Korrosionszuschlag: korrosionsgeschützt
en,c = 3.05 mm Nennwanddicke des zyl. Bords
lcyl = 40 mm Länge des zyl. Bords
R = 114.300 mm innerer Kalottenradius des Bodens
r = 11.430 mm innerer Krempenradius des Bodens

Ergebnis

bei Abmessungen: (vorh-erf)/erf , bei sonst. Angaben: (zul-vorh)/vorh)
Prozentangaben bedeuten Ueber-/Unterdimensionierungen

Boden

erforderliche Wanddicke des Bodens:

e	=	1.25 mm	max(es, ey, eb)	
ea	=	2.65 mm	Berechnungswanddicke = en-δe-c	
δe	=	0.40 mm		
c	=	0.00 mm		
		111 %		
es	=	0.87 mm	$P/10 \cdot R / (2 \cdot fs \cdot z - 0.5 \cdot P/10)$	[7.5-1]
ey	=	1.25 mm	$(\beta \cdot P/10 \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot Di)) / fs$	[7.5-2]
β	=	0.773	$10 \cdot ((0.2 - X) \cdot \beta 0.1 + (X - 0.1) \cdot \beta 0.2)$	[7.5-16]
β0.1	=	0.787		[7.5-15]
β0.2	=	0.502		[7.5-17]
X	=	0.105	r/Di	[7.5-11]
Y	=	0.011	min{e/R; 0.04}	[7.5-9]
Z	=	1.959	log(1/Y)	[7.5-10]
N	=	0.866	$1.006 - 1 / (6.2 + (90 \cdot Y)^4)$	[7.5-12]
eb	=	entfällt	ey > 0.005 * Di (Abs. 7.5.3.2, Anmerk. 3)	
ey/Di	=	0.01151		
f,b	=	209.52 MPa	Rp0.2 / 1.05	[7.5-4]

Fortsetzung : EN 13445-3: Gewölbte Böden nach EN-13445 Abschnitt 7...	Datum :	1/6/2021
Projekt :	Bearb.:	Anwender
Zeichnungsnr.:	Seite :	2 von 2

Bez./ Pos-Nr : .

erforderliche Wanddicke des zylindrischen Bordes:

lcylerf=	3.40 mm	= $0.2\sqrt{Di \cdot e}$	lcyl = 40.00 mm	[7.5.3.4]
ec	= 0.83 mm	$P/10 \cdot Di / (2 \cdot fs \cdot z - P/10)$		[7.4-1]
ea,c	= 2.65 mm	vorhandene Wanddicke = en,c- δ e-c		
	220 %			

höchstzulässiger innerer Überdruck des unverschwächten Bodens:

Pmax	= 96.60 bar	ABS(min(Ps, Py, Pb, Pc_max))	
Ps	= 119.18 bar	$20 \cdot fs \cdot z \cdot ea / (R + 0.5 \cdot ea)$	[7.5-6]
Py	= 96.60 bar	$10 \cdot fs \cdot ea / (\beta \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot Di))$	[7.5-7]
β	= 0.663	nach 7.5.3.5	
Pb	= entfällt	ea > 0.005 * Di (Abs. 7.5.3.2, Anmerk. 2)	
ey/Di	= 0.02431		
Pc_max	= 123.38 bar	max. zul. Druck zyl. Bord	

2.3 Mantel / shell

Projekt :
Zeichnungsnr.:
Dateiname :

Datum : 1/6/2021
Bearb.:
Seite : 1 von 1

Zylinder mit Ausschnitt unter Innendruck EN 13445-3: Ausgabe 4 (2018-07), Abschnitt 7.4.2 und 9

Bez./ Pos-Nr : .

Sicherheitskonzept . . . : 3 - nach EN-13445
Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3 : 2 Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3

Betriebsdaten

Auslegungszustand . . . : 1 - Betrieb
Berechnung für Abs. 17 (Ermüdungsdauer) : 0 - Nein
P = 25 bar Berechnungsdruck
t = 200 °C Berechnungstemperatur

Zylinder

Material

Code-Nr.: 1273 - X 2 CrNiMo 17 13 2 (1.4404) DIN EN 10216-5:2014-03;
E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN 17440
Grenztemp. der interkristallinen Korrosion: 400°C
fd = 110.0 N/mm² Rpl.0 = 165.0 N/mm² S = 1.50 [200.0 °C, 3.0 mm]
ftest = 214.2 N/mm² Rpl.0 = 225.0 N/mm² S' = 1.05 [20.0 °C, 3.0 mm]
fd = 110.0 MPa Berechnungsnennspannung
z = 1 Schweißnahtfaktor

Geometriedaten

Berechnung mit dem Außen-/ Innendurchmesser : 1 - Außendurchmesser
De = 114.3 mm Außendurchmesser
en = 3.05 mm Nennwanddicke
De = E Herstellungstoleranz: EN 10216-5, warmgef. nahtl. aust.
c = 0 Korrosionszuschlag: korrosionsgeschützt

Ergebnis

bei Abmessungen: (vorh-erf)/erf , bei sonst. Angaben: (zul-vorh)/vorh)
Prozentangaben bedeuten Ueber-/Unterdimensionierungen

Zylinder

erforderliche Wanddicke des Zylinders:

e	=	1.28 mm	$P/10 \cdot De / (2 \cdot f \cdot z + P/10)$	[7.4-2]
ea	=	2.65 mm	Berechnungswanddicke = en - De - c	
De	=	0.40 mm	Herstellungstoleranz	
c	=	0.00 mm	Abnutzungszuschlag	
		106 %		
pmax	=	52.22 bar	$20 \cdot f \cdot z \cdot ea / Dm$ unverschwächter Zyl. [7.4-3]	
Dm	=	111.65 mm	mit mittlerem Durchmesser des Zylinders	

Projekt :
Zeichnungsnr.:
Dateiname :

Datum : 1/6/2021
Bearb.:
Seite : 1 von 1

Zylinder mit Ausschnitt unter Innendruck

EN 13445-3: Ausgabe 4 (2018-07), Abschnitt 7.4.2 und 9

Bez./ Pos-Nr : .

Sicherheitskonzept . . . : 3 - nach EN-13445
Prüfgruppe entspr. Absch. 5.4.3 : 2 -

Betriebsdaten

Auslegungszustand . . . : 2 - Prüfung
Berechnung für Abs. 17 (Ermüdunglebensdauer) : 0 - Nein
P = 39.25 bar Berechnungsdruck
t = 20.0 °C Berechnungstemperatur

Zylinder

Material

Code-Nr.: 1273 - X 2 CrNiMo 17 13 2 (1.4404) DIN EN 10216-5:2014-03;
E-Module und Wärmeausdehnung aus DIN 17440
Grenztemp. der interkristallinen Korrosion: 400°C
f_{test} = 214.2 N/mm² R_{p1.0} = 225.0 N/mm² S' = 1.05 [20.0 °C, 3.0 mm]
f_d = 214.2 MPa Berechnungsnennspannung
z = 1 Schweißnahtfaktor

Geometriedaten

Berechnung mit dem Außen-/ Innendurchmesser : 1 - Außendurchmesser
D_e = 114.3 mm Außendurchmesser
e_n = 3.05 mm Nennwanddicke
δ_e = E Herstellungstoleranz: EN 10216-5
c = 0 mm Korrosionszuschlag: korrosionsgeschützt

Ergebnis

bei Abmessungen: (vorh-erf)/erf , bei sonst. Angaben: (zul-vorh)/vorh)
Prozentangaben bedeuten Ueber-/Unterdimensionierungen

Zylinder

erforderliche Wanddicke des Zylinders:

e	=	1.04 mm	$P/10 \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P/10)$	[7.4-2]
e _a	=	2.65 mm	Berechnungswanddicke = e _n - δ _e - c	
δ _e	=	0.40 mm	Herstellungstoleranz	
c	=	0.00 mm	Abnutzungszuschlag	
		155 %		

p _{max}	=	101.68 bar	$20 \cdot f \cdot z \cdot e_a / D_m$ unverschwächter Zyl. [7.4-3]
D _m	=	111.65 mm	mit mittlerem Durchmesser des Zylinders

3 Ergebnisse / result

Der Behälter ist ausreichend dimensioniert für / The vessel is adequately dimensioned for

20bar @ 200°C

Die Flansch ist nach der Druck/Temperatur Ratings abgedeckt (EN1092-1, PN40, 13E0) / the flange is acc. pressure / temperature ratings adequately dimensioned.(EN1092-1, PN40, 13E0)

Bemerkungen / remarks:

Pos.	Bauteil Part	Wanddicke (mm) Wall Thicknesses (mm)
1.	Mantel / shell	3.05
2.	Boden /Head	3.05