Projektbezeichnung:	**Erdbebenberechnung, Standsicherheitsnachweis Wärmetauscher 4242**
Auftraggeber:	Evonik Services GmbH
Bestell-Nr.:	4700463647-R-535/RO07 P
Auftragnehmer:	CRONITEC Edelstahl GmbH, Daimlerring 25, 59269 Beckum
Auftrags- Nr.:	054-6388
Ausgabe:	Revision 0
Datum:	04.11.2013
Sachbearbeiter:	Eugen Spenst

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung 3

Auslegungsdaten 3

Berechnungsergebnis 3

ANHANG

Berechnungsdetails Erdbebenberechnung 4

Berechnungsdetails Standsicherheitsnachweis 9

Vorbemerkung

Der vorliegende „Wärmetauscher 4242“ gem. Zeichnung TZF113-6388-001 ist ein Druckgerät im Sinne der Druckgeräterichtlinie. Das angewendete Regelwerk ist AD2000.

Der Standsicherheitsnachweis wurde mittels des Programmes „DIMy“ Version 4.01 Rev. 9 des TÜV Nord vorgenommen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in diesem Kapitel nur die Ergebnisse aufgeführt. Die Ausdrucke der Berechnung sind als Anlage im Anhang beigefügt.

Auslegungsdaten

Mechanische Auslegung					
Technische Anforderungen		TS 25-0101-1, -2			
Rechtsvorschrift		97/23/EG Richtlinie über Druckgeräte (DGRL)			
Geräteeinstufung		Behälter der Kategorie III			
Konformitätsbewertungsverfahren		Modul G (EG-Einzelprüfung)			
Entwurf und Prüfung		DGRL und AD 2000			
Hersteller		CRONITEC Edelstahl GmbH, DE-59269 Beckum			
Benannte Stelle		TÜV Rheinland			
Geräte-Nummer		F113-6388-001			
CE-Kennzeichnung		CE 0035 (auf dem Fabrikschild)			
Aufstellungsbedingungen		Erdbebenzone 2, Untergrundklasse T, im Gebäude			
		Raum I IDR		Raum II UDR	
Durchflußstoff / Medium		Dampf		Wasser	
Fluidtyp gem. DGRL	Art. 3 Abs. 1.1	Gas/Dampf		Gas/Dampf	
Fluidgruppe gem. DGRL	Art. 3 Abs. 1.1	Gruppe 1		Gruppe 1	
Dichte (für Festigkeitsber.)	[kg/m³]	0,9		1.000	
Rauminhalt	[l]	62		93	
Zul. Druck (PS)	min. / max. [bar]	-1	8	0	8
Zul. Temperatur (TS)	min. / max. [°C]	20	200	15	200
Prüfdruck	liegend / stehend [bar]	12,9	12,7	14,5	14,3
Prüfmedium	gem. TS 25-0101-1	Wasser		Wasser	
Austauschfläche	[m²]	9,3			

Berechnungsergebnis

Alle Bauteile sind für die den Lastfall Erdbeben ausreichend dimensioniert.
Es sind 2 Ankerschrauben in der Größe M16 und dem Werkstoff 5.6 notwendig.

ANHANG

Berechnungsdetails

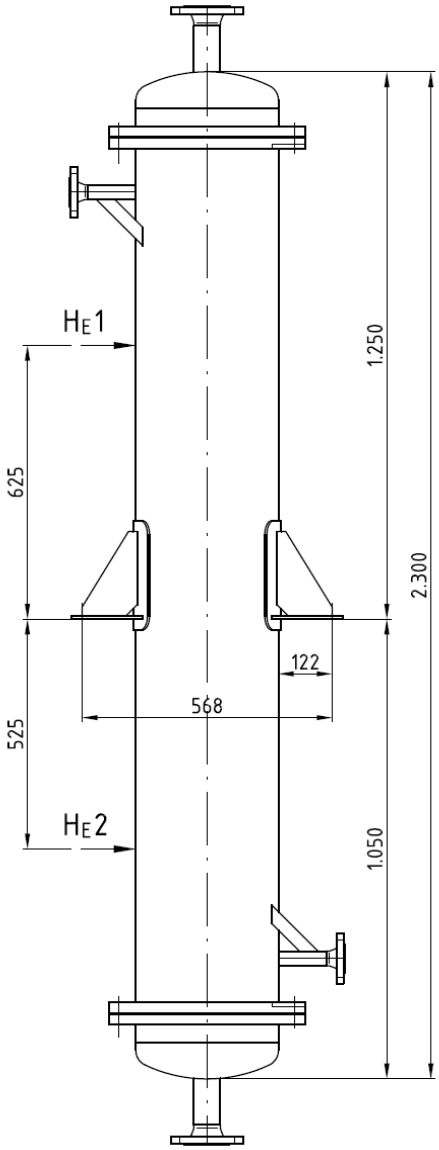
1.0 EIGENLASTEN

Min. Pratzenlast: _____ P_{min} = 3,94 kN

Max. Pratzenlast: _____ P_{max} = 5,40 kN

2.0 BERECHNUNG DER ÄUSSEREN LASTEN

2.1 BERECHNUNGSSKIZZE:



2.2 ERDBEBENLASTEN NACH DIN 4149/2005

Erdbebenzone:	2		---
Untergrundklasse:	T		---
Bemessungswert der Bodenbeschleunigung:	a_g	= 0,60	m/s²
Untergrundparameter:	S	= 1,25	---
Bedeutungsbeiwert:	γ_I	= 1,6	---
Verstärkungsbeiwert der Spektralbeschleunigung:	β_0	= 2,5	---
Verhaltensbeiwert	q	= 1,5	---
Bemessungsspektrum [$S_d(T) = a_g * \gamma_I * S * (\beta_0/q)$]	$S_d(T)$	= 2	
Gesamtmasse	m_G	= 5,40	kN
Horizontalkraft [$H_E = S_d(T) * m_G$]	H_E	= 10,80	kN
Max. Biegemoment (nach Tabelle)	M_E	= 6,26	kNm

m_i Vertikallast im betrachteten Abschnitt
H_{Ei} Horizontalkraft des Abschnittes
h_{Si} Schwerpunkthöhe des Abschnittes
M_{Ei} Biegemoment im betrachteten Abschnitt

i	m [kN]	H_E [kN]	h_S [m]	M_E [kNm]
1	2,94	5,87	0,625	3,67
2	2,46	4,93	0,525	2,59
∑ =	5,4	± 10,8		± 6,26

3.0 NACHWEIS DER LAGESICHERHEIT NACH DIN 18800-1

3.1 LASTFALL ERDBEBEN

Max. Vertikallast:	V_{max}	= 5,40	kN
Min. Vertikallast:	V_{min}	= 3,94	kN
Max. Biegemoment:	M_E	= 6,26	kNm
Max. Querkraft:	H_E	= 10,8	kN
Teilsicherheitsbeiwert für Erdbeben:	γ_E	= 1,0	---

Nachweis gegen Abheben (Kippen über die Auflageblechkante):

Abstand der Ankerschrauben:	b_A	= 0,568	m
Standmoment [V_{max} * b_A]:	$M_{R,d}$	= 3,07	kNm
Bemessungswert für das Kippen [γ_E * M_E]:	$M_{S,d}$	= 6,26	kNm
Nachweis [$M_{S,d}/M_{R,d} \leq 1,0$]:		= 2,04 nicht erfüllt	

Nachweis gegen Gleiten:

Bemessungswert der Reibungszahl [Stahl auf Stahl]	μ_d	= 0,2	---
Gleitwiderstand [μ_d * V_{max}]:	$V_{R,d}$	= 1,08	kN
Bemessungswert der Gleitkraft [γ_E * H_E]:	$V_{S,d}$	= 10,8	kN
Nachweis [$V_{S,d}/V_{R,d} \leq 1,0$]:		= 10 nicht erfüllt	

Für den Lastfall Erdbeben sind Ankerschrauben erforderlich!

3.2 SCHRAUBENDATEN:

Werkstoff:	5.6		
Streckgrenze:	$f_{y,b,k}$	= 300	N/mm²
Zugfestigkeit:	$f_{u,b,k}$	= 500	N/mm²
Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand:	γ_M	= 1	---
Abscherbeiwert für 5.6:	α_a	= 0,60	---
Anzahl der Schrauben:	n	= 2	---
Gewählte Schraubengröße:	M 16		
Gewindekernquerschnitt:	A_{d3}	= 144	mm²
Schraubenkreisdurchmesser:	d_S	= 0,568	m
Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen:	γ_F	= 1	---
Ankerzugkraft [$1/n * (\gamma_F * 4 * M_E/d_S - 0,9 * V_{min}) * 10^3$]:	N_z	= 20269	N
Die Grenzzugkraft ist der kleinere Wert von:			
$N_{R,d} = A_{d3} * f_{y,b,k}/(1,1*\gamma_M)$	$N_{R,d}$	= 39273	N
$N_{R,d} = A_{d3} * f_{u,b,k}/(1,25 * \gamma_M)$	$N_{R,d}$	= 57600	N
Nachweis [$N_z/N_{R,d} \leq 1$]:		= 0,516	erfüllt
Abscherkraft [$\gamma_F * 10^3 * H_E/n$]	V_a	= 5400	N
Grenzabscherkraft:			
$V_{a,R,d} = A_{d3} * \alpha_a * f_{u,b,k}/\gamma_M$	$V_{a,R,d}$	= 43200	N
Nachweis [$V_a/V_{a,R,d} \leq 1,0$]:		= 0,125	erfüllt
Interaktionsnachweis [$(N_Z/N_{R,d})^2 + (V_a/V_{a,R,d})^2 \leq 1$]:		= 0,282	erfüllt
Maximale Auslastung:	η	= 51,6	%

Behälter mit Tragpratzen
Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter
nach AD-Merkblatt S3/4 (12.96)

Zeichnungsnr: TZF113-6388-001
Bez./ Pos-Nr: Wärmetauscher 4242

Eingabedaten
Bauteilbeschreibung

Anzahl der Pratzen	n =	2	
detaillierte Berechnung der Tragpratze	=	1- Ja	
Abmessungen der Pratze ähnlich DIN 28083 Teil 1	=	1- Ja	
Betriebsdaten			
Lastfall nach AD-S3/0 Abschnitt 4.2: 7- Lastfall SF1			
Eigenlast, Innendruck, äussere Lasten, dynamische Lasten-Erdbeben			
Berechnungsüberdruck	p =	8	bar
Druck aus hydrostatischer Säule	ph =	.23	bar
Berechnungstemperatur	T =	200	°C
Betrieblich maximal mögliches Gesamtgewicht	Gd =	5400	N
Betrieblich minimal mögliches Gesamtgewicht	Gz =	3940	N
Gesamtmoment aus äußeren Lasten	M =	6260	Nm
Werkstoffdaten			
Behälter: 1.4539			
Festigkeitskennwert	K =	205	N/mm²
Sicherheitsbeiwert	S =	1	
Tragpratze: 1.4301			
Festigkeitskennwert	Kp =	157	N/mm²
Sicherheitsbeiwert, Tragpratzenteile	S =	1	
zul Berechnungsspannung nach AD-S3/0, Tafel 1	f.. =	235.5	N/mm²
Elastizitätsmodul	E =	186000	N/mm²
Material, Schraube: 5.6			
zul Spannung, Schrauben, nach DIN 18800	Ks =	104.5	N/mm²
Vorspannkraft einer Schraube (unbekannt = 0)	Fv =	0	N
Geometriedaten			
Behälter-Aussendurchmesser	Da =	323,9	mm
vorhandene Wanddicke	se =	4	mm
Herstellungstoleranz	c1 =	0	mm
Abnutzungszuschlag	c2 =	0	mm
wirksame Pratzenbreite	bv =	200	mm
wirksame Pratzenhöhe	hv =	250	mm
Hebelarm - Pratze (ca. 5/6*tp)	ap =	122	mm
Geometriedaten der Pratze			
Breite des Auflagerbleches	ba =	160	mm
Tiefe der Pratze	tp =	146	mm
Dicke des Auflagerbleches	ea =	8	mm
Schraubenloch-Durchmesser	dl =	18	mm
Anzahl der Stege pro Tragpratze	ns =	2	
Abstand der Stegbleche	ab =	109	mm
Stegneigungswinkel	alpha =	56	°
Dicke des Stegbleches	es =	8	mm
Dicke des Verstärkungsbleches	ev =	6	mm
Herstellungstoleranz	c1 =	0	mm
Abnutzungszuschlag	c2 =	0	mm
Höhe der Pratze	hp =	200	mm
Ersatzblechlänge	ls =	212	mm
Ersatzblechbreite	bs =	83	mm
Exzentrizität des Kraftangriffes, Stegblech	as =	41	mm

Ergebnisse

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

Herst.-Toleranz/Abnutz.-Zuschl. -Behälter c1/c2 (mm) = 0.0/ 0.0
-Aufl.-Blech c1/c2 (mm) = 0.0/ 0.0
-Verst.-Blech c1/c2 (mm) = 0.0/ 0.0

Belastungsgrößen:
ML - NFD = 2382411 (Nmm) P-ges = 8.2 (bar)
ML - NFZ = 1836705 (Nmm)

Geometrische Beiwerte:
Gamma = 62 Beta = 0.468
Beta-M-u = 0.465 Beta-M-x = 0.496

Hilfswerte, Schnittkräfte und Momente:
KL-u = 0.993 KL-x = 1.061 N-u = 1.8846 N-x = 1.1432
CL-u = 0.888 CL-x = 0.966 M-u = 0.0061 M-x = 0.0124

Die Pratzenraender müssen von den Zylinderenden mindestens
SQR(2*Rm*s) = 44.5 mm entfernt sein.

Nachweis der Druckbehälterwand: (Kurzausgabe)

			A		B	
Sig.-m-v	p=0		30.5	908%	30.5	908%
(N/mm²)	p=p(ges)		15.2	1917%	74.4	313%
	zul. Spannung		205.0		205.0	
Sig.-(m+b)v	p=0	innen	61.8	640%	61.8	640%
(N/mm²)		aussen	101.1	353%	101.1	353%
	zul. Spannung		457.8		457.8	
	p=p(ges)	innen	82.2	460%	69.3	537%
		aussen	76.8	500%	135.8	225%
	zul. Spannung		460.4		441.0	

Nachweis der Tragpratzen:
max Druckkraft pro Pratze NFD = 19528 N
max Zugkraft pro Pratze NFZ = 15055 N
Verankerung gegen Abheben ist nach AD-S3/0, Formel 2 erforderlich!
4*M/dF= 33656 N > .7*Gz= 2758 N
max Betonpressung Formel 6 = 2.6 N/mm²
erf Dicke des Auflagerbleches Formel 7 eA = 5.7 mm
Res = 39 %
erf Dicke, Auflagerblech, Zugbelastung Formel 8 eA = 5.4 mm
Res = 47 %

Ankerschrauben
erf Schrauben-Kerndurchmesser dk = 13.5 mm

Stege der Tragpratze
exzentrische Normalkraft Formel 10 Ns = 11777 N
max Spannung im Stegblech Formel 11 = 61.3 N/mm²
Res = 284 %
Druckkraft im oberen Stegrand NsK = 491 N
zul Knickkraft im Stegblech Formel 15 zulNsK = 1321 N
Res = 169 %
mit Sicherheitsbeiwert Sk = 2.25
mit Schlankheitsgrad Lambda = 45.90

Verstärkungsblech
erf Dicke des Verstärkungsbleches Formel 19 eV = 4.59 mm
Res = 31 %

Nachweis der Druckbehälterwand: (Detailspannungen)

Spannungen (N/mm²)	Pkt	p = 0 innen	p = 0 aussen	p = p-ges innen	p = p-ges aussen
Sig.-mp-u	AB	- - -		51	
Sig.-mp-x	AB	- - -		26	
Sig.-m-u (aus M-l)	A	-35		-35	
	B	35		35	
Sig.-m-x (aus M-l)	A	-23		-23	
	B	23		23	
Sig.-m-u	A	-35		16	
	B	35		86	
Sig.-m-x	A	-23		3	
	B	23		48	
Sig.-m-v	A	30		15	
	B	30		74	
Sig.-m-v zulässig	A	205		205	
	B	205		205	
Sig.-b-u	A	47	-47	47	-47
	B	-47	47	-47	47
Sig.-b-x	A	90	-90	90	-90
	B	-90	90	-90	90
Sig.-u	A	13	-82	64	-31
	B	-13	82	38	133
Sig.-x	A	67	-113	93	-87
	B	-67	113	-42	138
q	A	0.1488		0.0744	
	B	0.1488		0.3629	
Z	A	1.4889		1.4972	
	B	1.4889		1.4342	
Sig.-(m+b)v	A	62	101	82	77
	B	62	101	69	136
Sig.(m+b)-v zulässig	A	458		460	
	B	458		441	