DEUTSCHE NORM

Dezember 2013

DIN EN 13445-3

DIN

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 13445-3:2012-12

Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 3: Konstruktion;
Deutsche Fassung EN 13445-3:2009, nur auf CD-ROM

Unfired pressure vessels –
Part 3: Design;
German version EN 13445-3:2009, only on CD-ROM

Récipients sous pression non soumis à la flamme –
Partie 3: Conception;
Version allemande EN 13445-3:2009, seulement en CD-ROM

Gesamtumfang 840 Seiten

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 012-00-05 AA im Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Dieser Teil von DIN EN 13445 enthält alle in Zusammenhang mit der Konstruktion für Druckgeräte nach dieser Europäischen Norm relevanten Festlegungen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13445-3:2012-12 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

a) redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13445-3: 2002-08, 2003-05, 2003-11, 2010-02, 2010-12, 2011-12, 2012-12
DIN EN 13445-3/A1: 2007-09, 2012-08
DIN EN 13445-3/A2: 2007-07
DIN EN 13445-3/A3: 2007-07
DIN EN 13445-3/A4: 2005-10
DIN EN 13445-3/A5: 2006-05
DIN EN 13445-3/A6: 2006-06
DIN EN 13445-3/A8: 2006-07
DIN EN 13445-3/A10: 2008-10
DIN EN 13445-3/A11: 2007-03
DIN EN 13445-3/A16: 2009-02
DIN EN 13445-3/A17: 2008-04

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 13445-3

Juli 2009

ICS 23.020.30

Ersatz für EN 13445-3:2002

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter - Teil 3: Konstruktion

Unfired pressure vessels - Part 3: Design

Récipients sous pression non soumis à la flamme - Partie 3: conception

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Juni 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 13445-3:2009 D

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Inhalt

Seite

Vorwort 6

1 Anwendungsbereich 7

2 Normative Verweisungen 7

3 Definitionen 8

4 Symbole und Abkürzungen 10

5 Grundlegende Auslegungskriterien 12
5.1 Allgemeines 12
5.2 Schutz vor Korrosion und Erosion 12
5.3 Lastfälle 14
5.4 Konstruktions- und Berechnungsverfahren 18
5.5 Wanddickenberechnungen (DBF) 19
5.6 Schweißnahtfaktor 20
5.7 Gestaltungsforderungen für Schweißverbindungen 21

6 Maximal zulässige Werte für Berechnungsnennspannungen an drucktragenden Teilen 24
6.1 Allgemeines 24
6.2 Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 % 25
6.3 Alternatives Verfahren für Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 % 25
6.4 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von 30 % bis 35 % Bruchdehnung nach der maßgeblichen Werkstoffnorm 26
6.5 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von 35 % (und mehr) Bruchdehnung nach zugehöriger Werkstoffnorm 26
6.6 Stahlgussstücke 27

7 Schalen unter Innendruck 28
7.1 Allgemeines 28
7.2 Zusätzliche Definitionen 28
7.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 28
7.4 Zylinder- und Kugelschalen 28
7.5 Gewölbte Böden 29
7.6 Kegelschalen und Kegelböden 34
7.7 Stutzen im Krempenbereich 42

8 Schalen unter Außendruck 47
8.1 Zweck 47
8.2 Zusätzliche Definitionen 47
8.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 47
8.4 Allgemeines 50
8.5 Zylinderschalen 51
8.6 Kegelschalen 72
8.7 Kugelschalen 80
8.8 Behälterböden 81

9 Ausschnitte in Schalen und Böden 82
9.1 Zweck 82
9.2 Zusätzliche Definitionen 82
9.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 83
9.4 Allgemeines 86
9.5 Einzelausschnitte 98

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

9.6 Mehrfachausschnitte ... 114
9.7 Ausschnitte in der Nähe von Störstellen der Schale ... 124

10 Ebene Böden ... 132
10.1 Anwendungsbereich ... 132
10.2 Zusätzliche Begriffe ... 132
10.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 132
10.4 An Zylinderschalen angeschweißte runde ebene Böden ohne Ausschnitte ... 134
10.5 Verschraubte runde ebene Böden ohne Ausschnitte ... 141
10.6 Runde ebene Böden mit Ausschnitten ... 145
10.7 Nicht runde oder ringförmige ebene Böden ... 149

11 Flansche ... 153
11.1 Zweck ... 153
11.2 Zusätzliche Definitionen ... 153
11.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 153
11.4 Allgemeines ... 156
11.5 Flansche mit innenliegender Dichtung ... 160
11.6 Flansche mit durchgehender Weichstoffringdichtung ... 175
11.7 Dichtgeschweißte Flansche ... 178
11.8 Innenliegende Flansche mit innenliegender Dichtung ... 178
11.9 Innenliegende Flansche mit durchgehender Weichstoffdichtung ... 181
11.10 Flansche mit durchgehender Dichtfläche in Kraftnebenschluss ... 185

12 Tellerböden (verschraubte gewölbte Böden) ... 188
12.1 Zweck ... 188
12.2 Zusätzliche Definitionen ... 188
12.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 188
12.4 Allgemeines ... 188
12.5 Tellerböden mit innenliegender Dichtung ... 188
12.6 Tellerböden mit durchgehender Dichtung ... 190

13 Wärmeaustauscher-Rohrböden ... 192
13.1 *Zweck* ... 192
13.2 Zusätzliche Definitionen ... 192
13.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 192
13.4 U-Rohr-Wärmeaustauscher ... 195
13.5 Festkopf-Wärmeaustauscher ... 209
13.6 Schwimmkopf-Wärmeaustauscher ... 237
13.7 Eigenschaften von Rohrböden ... 254
13.8 Höchstzulässige Berechnungsspannung an der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden ... 261
13.9 Höchstzulässige Knickspannung der Rohre ... 262
13.10 Auslegung des Rohrbodenflansches mit schmaler Dichtfläche ... 265
13.11 Auslegung des Rohrbodenflansches mit vollflächiger Dichtung ... 268
13.12 Spezielle Rohr-Rohrboden-Schweißverbindungen ... 271

14 Kompensatoren ... 274
14.1 Zweck ... 274
14.2 Zusätzliche Definitionen ... 274
14.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 276
14.4 Geltungsbereich ... 278
14.5 Unverstärkte Kompensatoren mit U-förmigem Profil ... 280
14.6 Verstärkte Kompensatorbälge mit U-förmigem Profil ... 294
14.7 Torusbälge (Kompensatoren mit torusförmigem Wellenprofil) ... 302
14.8 Herstellung ... 309
14.9 Inspektion und Prüfung ... 311
14.10 Kompensatoren unter Einwirkung von Axial-, Lateral- oder Angularbewegungen ... 313

15 Rechteckige Druckbehälter ... 318
15.1 Allgemeines ... 318
15.2 Zusätzliche Definitionen ... 318
15.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 318
15.4 Allgemeines ... 319

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

15.5 Unverstärkte Behälter 319
15.6 Verstärkte Druckbehälter 325
15.7 Öffnungen 332

16 Andere Einwirkungen als Druck 334
16.1 Allgemeines 334
16.2 Zusätzliche Definitionen 334
16.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 335
16.4 Äußere Lasten an Stutzen in Kugelschalen 336
16.5 Lokale Lasten an Stutzen in Zylinderschalen 346
16.6 Streckenlasten 354
16.7 Aufhängeösen 360
16.8 Liegende Behälter auf Sätteln 364
16.9 Liegende Behälter mit Ringlagerung 378
16.10 Stehende Behälter mit Tragpratzen 383
16.11 Stehende Behälter auf Stützfüßen 388
16.12 Stehende Behälter auf Standzargen 390
16.13 Stehende Behälter mit Ringlagerung 405
16.14 Globale Lasten 415

17 Vereinfachte Berechnung der Ermüdungslebensdauer 420
17.1 Zweck 420
17.2 Zusätzliche Definitionen 420
17.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 422
17.4 Bedingungen für die Anwendbarkeit 423
17.5 Allgemeines 424
17.6 Ermittlung der zulässigen Anzahl von Druckzyklen 425
17.7 Berechnungsregel 450
17.8 Konstruktion und Fertigung 450
17.9 Prüfung 451

18 Ausführliche Berechnung der Ermüdungslebensdauer 452
18.1 Zweck 452
18.2 Zusätzliche Definitionen 452
18.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 455
18.4 Geltungsbereich 457
18.5 Allgemeines 459
18.6 Geschweißte Bauteile 461
18.7 Ungeschweißte Bauteile und Schrauben 466
18.8 Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung von Spannungen im überelastischen Bereich 469
18.9 Ermüdung 471
18.10 Ermüdungsfestigkeit geschweißter Bauteile 474
18.11 Ermüdungsfestigkeit ungeschweißter Bauteile 495
18.12 Ermüdungsfestigkeit von Stahlschrauben 500

19 Auslegung im Zeitstandbereich 503
19.1 Zweck 503
19.2 Zusätzliche Begriffe 503
19.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen 503
19.4 Auslegung im Zeitstandbereich 504
19.5 Berechnungsnennspannung im Zeitstandbereich 504
19.6 Schweißnahtfaktor im Zeitstandbereich 509
19.7 Überwiegend ruhende Druckbelastungen im Zeitstandbereich 509
19.8 Auslegung nach Formeln DBF 509

20 Regeln für die Auslegung von verstärkten ebenen Wänden 513
20.1 Allgemeines 513
20.2 Verankerte ebene Wände 513
20.3 Zusätzliche Symbole für verankerte ebene Wände 513
20.4 Erforderliche Wanddicke für verankerte ebene Wände 513
20.5 Erforderliche Maße und Anordnung von Stehbolzen und Ankern 513
20.6 Anforderungen für Stehbolzen mit Gewinde 514
20.7 Anforderungen für eingeschweißte Stehbolzen und geschweißte Anker 514

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

20.8 Tabellen für verankerte ebene Wände ... 515
20.9 Bilder/Verankerte ebene Wandungen ... 516

21 Runde ebene Böden mit radialen Verstärkungsrippen ... 519
21.1 Zweck ... 519
21.2 Zusätzliche Begriffe ... 519
21.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen ... 521
21.4 Böden ohne zusätzliches Umfangsmoment ... 522
21.5 Böden mit zusätzlichem Umfangsmoment ... 524
21.6 Ausschnitte ... 526
21.7 Schweißnähte ... 526
21.8 Zentrierring ... 527

Anhang A (normativ) Anforderungen an die Ausführung von drucktragenden Schweißverbindungen ... 528

Anhang B (normativ) Analytischer Zulässigkeitsnachweis – Direktes Verfahren ... 552

Anhang C (normativ) Verfahren der Spannungskategorien für die Auslegung mit Analyseverfahren ... 582

Anhang D (informativ) Prüfung der Form von Druckbehältern unter Außendruck ... 601

Anhang E (normativ) Verfahren zur Berechnung der Unrundheit von Zylinder- und Kegelschalen ... 608

Anhang F (normativ) Zulässiger Außendruck für Druckbehälter mit toleranzüberschreitender Unrundheit ... 611

Anhang G (normativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung ... 613

Anhang GA (informativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung ... 660

Anhang H (informativ) Dichtungsbeiwerte *m* und *y* ... 723

Anhang I (informativ) Zusätzliche Angaben zu Rohrböden für Wärmeaustauscher ... 726

Anhang J (normative) Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher ... 730

Annex K (informativ) ... 775

Annex L (informativ) Berechnungsgrundlage für andere Einwirkungen als Druck ... 781

Annex M (informativ) Überwachung im Betrieb von Behältern, die im Ermüdungsbereich bzw. Kriechbereich betrieben werden ... 783

Anhang N (informativ) Literaturhinweise zu Abschnitt 18 ... 786

Anhang O (informativ) Physikalische Eigenschaften von Stahl ... 787

Anhang P (normativ) Klassifizierung von Einzelheiten von Schweißnähten, die unter Verwendung von Hauptspannungen zu beurteilen sind ... 795

Anhang Q (normativ) Vereinfachte Methode zur Berechnung der Werkstoffermüdung für ungeschweißte Bereiche ... 808

Anhang R (informativ) Koeffizienten für Kriechbruch-Modellgleichungen für die Extrapolation der Kriechbruchfestigkeit ... 809

Anhang S (informativ) Extrapolation der Berechnungsnennspannung auf der Basis des zeitunabhängigen Werkstoffverhaltens im Zeitstandbereich ... 813

Anhang T (normativ) Auslegung nach experimentellen Verfahren ... 819

Anhang Y Entwicklung der EN 13445-3 ... 832

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG ... 833

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehalter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis *Dezember 2009*, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis *Dezember 2009* zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU- Richtlinien.

Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieser Norm ist.

Diese Europäische Norm über „Unbefeuerte Druckbehälter“ umfasst die folgenden Teile:

— *Teil 1: Allgemeines*

— *Teil 2: Werkstoffe*

— *Teil 3: Konstruktion*

— *Teil 4: Herstellung*

— *Teil 5: Inspektion und Prüfung*

— *Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

— *CR 13445-7 Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 7: Anleitung für den Gebrauch des Konformitätsbewertungsverfahrens*

— Teil 8: *Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*

— CEN/TR 13445-9 *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 9: Gegenüberstellung der EN 13445-Normenreihe und ISO 16528.*

Dieses Dokument ersetzt EN 13445-3:2002. Diese neue Ausgabe enthält die Änderungen, welche vorher durch die CEN Mitglieder angenommen wurden sowie die korrigierten Seiten bis Ausgabe 36 ohne weitere technische Änderungen. Anhang Y der EN 13445-1:2009 beschreibt Einzelheiten der wesentlichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorangegangen Ausgabe.

Änderungen zu dieser neuen Ausgabe werden bei Bedarf veröffentlicht und können dann sofort als Alternativen zu den in dieser Ausgabe enthaltenen Regeln angewendet werden. Es ist vorgesehen, jährlich eine neue Ausgabe der EN 13445:2009 zu erstellen, in welcher diese (neuen) Änderungen konsolidiert werden und in denen darüber hinaus andere zwischenzeitlich (durch den Migration Helpdesk) festgestellte Berichtigungen enthalten sind. Ausgabe 5 (2013-07) beinhaltet die in Anhang Y aufgeführten korrigierten Seiten.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil 3 der Europäischen Norm legt die Anforderungen an die Konstruktion von unbefeuerten Druckbehältern nach EN 13445-1:2009 und hergestellt aus Stählen nach EN 13445-2:2009 fest.

EN 13445-5:2009 gibt im Anhang C Bedingungen für die Konstruktion von Zugangs- und Besichtigungsöffnungen, von Verschlüssen und besonderen Verschlusselementen.

ANMERKUNG Dieser Teil gilt für Konstruktion und Berechnung von Behältern vor der Inbetriebnahme. Er kann auch, mit entsprechenden Anpassungen, für Berechnungen oder analytische Nachweise im Betrieb verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 286-2:1992, *Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff; Teil 2: Druckbehälter aus Stahl für Druckluftbremsanlagen und pneumatische Hilfseinrichtungen in Kraftfahrzeugen und deren Anhängefahrzeugen*

EN 764-1:2004, *Druckgeräte — Terminologie — Teil 1: Druck, Temperatur, Volumen, Nennweite*

EN 764-2:2002, *Druckgeräte — Teil 2: Größen, Symbole und Einheiten*

EN 764-3:2002, *Druckgeräte — Teil 3: Definition der beteiligten Parteien*

EN 837-1:1996, *Druckmessgeräte — Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 837-3:1996, *Druckmessgeräte — Teil 3: Druckmessgeräte mit Platten- und Kapselfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 1092-1:2007, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1591-1:2001, *Flansche und ihre Verbindungen — Anforderungen für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnungsmethode*

EN 1708-1:1999, EN 1708-1:1999/A1:2003, *Schweißen — Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl — Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile*

EN 10222-1:1998, EN 10222-1:1998/A1:2002, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke*

EN 13445-1:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 1: Allgemeines*

EN 13445-2:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13445-4:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*

EN 13445-5:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*

EN 13445-8:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 8: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*

EN ISO 4014:2000, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B* (ISO 4014:1999)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

EN ISO 4016:2000, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklasse C* (ISO 4016:1999)

EN ISO 15613:2004, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung*

ISO 261:1998, *ISO general-purpose metric screw threads — General plan*

3 Definitionen

Für diesen Teil dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe und Definitionen nach EN 13445-1:2009, EN 13445-2:2009 und die folgenden.

ANMERKUNG In EN 13445-1:2009 und EN 13445-2:2009 sind die Begriffe, Symbole und Definitionen aus EN 764-1:2004, EN 764-2:2002 und EN 764-3:2002 übernommen worden.

3.1
Einwirkung
aufgebrachte thermo-mechanische Beeinflussung zur Erzeugung von Spannung und/oder Stauchung in einer Konstruktion, z. B. das Aufbringen von Druck, Kraft oder Temperatur

3.2
Berechnungswanddicke
effektiv verfügbare Dicke, die den Belastungen im korrodierten Zustand standhält, in Abhängigkeit vom Lastfall, siehe 5.3.2

3.3
angenommene Dicke
vom Konstrukteur angenommene Dicke zwischen der mindest erforderlichen Mantelwanddicke e und der berechneten Mantelwanddicke e_a

3.4
Berechnungsdruck
Differenzdruck, der zum Zweck der Berechnung eines Bauteiles verwendet wird
[EN 764-1:2004]

3.5
Berechnungstemperatur
Temperatur, die zum Zweck der Berechnung eines Bauteiles verwendet wird
[EN 764-1:2004]

3.6
Druckraum
ein Medium enthaltender Raum innerhalb eines Druckgerätes
[EN 764-1:2004]

3.7
Bauteil
Teil eines Druckgerätes, welches als ein eigenständiges Teil für die Berechnung betrachtet werden kann
[EN 764-1:2004]

3.8
Zeitstandbereich
Temperaturbereich, in dem die Eigenschaften der für die Konstruktion verwendeten Werkstoffe temperaturabhängig sind

ANMERKUNG Siehe auch 5.1.

3.9
Kryogene Einsatzbereiche
Einsatzbereiche für Flüssiggase bei niedriger Temperatur

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

3.10
Auslegungsdruck
Druck am höchsten Punkt jedes Druckraumes des Druckgerätes, der für die Ermittlung des Berechnungsdruckes jedes Bauteils gewählt wird
[EN 764-1:2004]

ANMERKUNG Jeder andere Ort darf festgelegt werden

3.11
Auslegungstemperatur
Temperatur, die für die Ermittlung der Berechnungstemperatur jedes Bauteiles gewählt wird
[EN 764-1:2004]

3.12
Differenzdruck
Druck, dessen algebraischer Wert gleich der Druckdifferenz auf beiden Seiten einer Trennwand ist
[EN 764-1:2004]

3.13
maßgebende Schweißverbindung
durchgeschweißte Stumpfnaht, deren Gestaltung aufgrund des Schweißnahtfaktors die Wanddicke des Bauteils bestimmt

3.14
Lastfall
Kombination zusammenfallender Einwirkungen

3.15
Hauptnaht
Schweißnaht zur Verbindung der drucktragenden Hauptteile

3.16
maximal zulässiger Druck
bei der Auslegung nach Formeln oder entsprechenden Verfahren nach EN 13445-3:2009 erzielter maximaler Druck eines bestimmten Bauteils in einem bestimmten Lastfall oder, bei ganzen Druckbehältern, der kleinste dieser maximal zulässigen Drücke aller Bauteile

ANMERKUNG 1 Die Differenzen der Berechnungsnennspannung, f, der Berechnungswanddicke, e_a, und des Schweißnahtfaktors, z, für die Berechnung des maximal zulässigen Drucks in verschiedenen Lastfällen sind in 5.3.2 festgelegt.

ANMERKUNG 2 Ist keine spezielle Gleichung für den maximal zulässigen Druck, P_{max}, angegeben, kann dieser als der Druck berechnet werden, bei dem die erforderliche Dicke der Berechnungswanddicke entspricht.

ANMERKUNG 3 Der maximal zulässige Druck, P_{max}, für die vereinfachte Bewertung der Ermüdungslebensdauer nach Abschnitt 17 und für die Berechnung der äquivalenten Druckzyklen über die volle Schwingbreite nach 5.4.2 wird für die Lastfälle bei Normalbetrieb berechnet.

3.17
minimal mögliche Herstellungsdicke
kleinste erreichbare Dicke nach der Herstellung

3.18
Berechnungsnennspannung
Spannungswert, der in den Formeln zur Berechnung von drucktragenden Teilen zu verwenden ist

3.19
Nennwanddicke
in den Konstruktionszeichnungen angegebene Dicke

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

3.20
Prüfdruck
Druck, dem das Druckgerät zu Prüfzwecken ausgesetzt wird
[EN 764-1:2004]

3.21
Prüftemperatur
Temperatur, bei der die Druckprüfung am Druckgerät durchgeführt wird
[EN 764-1:2004]

3.22
Volumen
Innenvolumen eines Druckraums, einschließlich des Stutzenvolumens bis zur ersten Verbindung (Flansch, Muffe, Schweißnaht), jedoch abzüglich des Volumens von Inneneinbauten (z. B. Leitbleche, Rührwerke)
[EN 764-1:2004]

3.23
Kehlnahtdicke (a-Maß)
Höhe des eingeschriebenen gleichschenkeligen Dreiecks gemessen vom theoretischen Wurzelpunkt

4 Symbole und Abkürzungen

Für diesen Teil dieser Europäischen Norm gelten in EN 13445-1:2009, EN 13445-2:2009 und die in Tabelle 4-1 angegebenen allgemeinen Symbole und Abkürzungen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Tabelle 4-1 — Symbole, Größe und Einheiten [c]

Symbol	Größe	Einheit
a	Kehlnahtdicke (a-Maß)	mm
e	erforderliche Dicke	mm
e_n	Nenndicke	mm
e_{min}	minimal mögliche Herstelldicke	mm
e_a	(minimale) Berechnungsdicke	mm
c	Korrosionszuschlag	mm
f	Berechnungsspannung	MPa
f_d	maximaler Betrag der Berechnungsspannung für normale Betriebslstfälle	MPa
f_{exp}	maximaler Betrag der Berechnungsspannung für außergewöhnliche Betriebslstfälle	MPa
f_{test}	maximaler Betrag der Berechnungsspannung für Prüflastfälle	MPa
n_{eq}	Anzahl gleicher voller Druckzyklen (siehe 5.4.2)	-
P	Berechnungsdruck	MPa [a]
P_d	Auslegungsdruck	MPa [a]
P_{max}	maximal zulässiger Druck	MPa [a]
PS , P_s	maximal zugelassener Druck	MPa [a]
P_{test}	Prüfdruck	MPa [a]
R_{eH}	obere Streckgrenze	MPa
R_m	Zugfestigkeit	MPa
$R_{m/T}$	Zugfestigkeit bei Temperatur T	MPa
$R_{p0,2}$	0,2 % Dehngrenze	MPa
$R_{p0,2/T}$	0,2 % Dehngrenze bei Temperatur T	MPa
$R_{p1,0}$	1,0 % Dehngrenze	MPa
$R_{p1,0/T}$	1,0 % Dehngrenze bei Temperatur T	MPa
T	Temperatur	°C
T_d	Berechnungstemperatur	°C
T_{test}	Prüftemperatur	°C
TS_{max}, TS_{min}	maximal/minimal zulässige Temperaturen	°C
V	Volumen	mm^3 [b]
z	Schweißnahtfaktor	—
ν	Querkontraktionszahl	—

[a] die Einheit MPa ist nur für Berechnungszwecke zulässig; ansonsten ist die Einheit bar zu verwenden (1 MPa =10 bar).
[b] Die Einheit mm^3 ist nur für Berechnungszwecke zulässig; ansonsten ist die Einheit Liter zu verwenden.
[c] Die in dieser Norm verwendeten Formeln sind dimensionsbehaftet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5 Grundlegende Auslegungskriterien

5.1 Allgemeines

Die Anforderungen in Teil 3 gelten nur,

a) wenn die Werkstoffe und Schweißnähte keiner örtlich begrenzten Korrosion durch die Produkte unterliegen, für die der Druckbehälter vorgesehen ist, oder die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen im Behälter sein können;

b) wenn alle Berechnungstemperaturen unterhalb des Zeitstandbereichs liegen **oder** wenn eine Berechnungstemperatur im Zeitstandbereich liegt und in der Werkstoffnorm zeitabhängige Werkstoffeigenschaften gegeben sind.

ANMERKUNG Siehe Begriff 3.8 Zeitstandbereich.

! Im Hinblick auf die Auslegung ist der Zeitstandbereich der Temperaturbereich, in dem zeitunabhängige Werkstoffeigenschaften für die Festlegung der Berechnungsnennspannung nicht mehr maßgebend sind.

Die Festigkeitseigenschaften des gewählten Werkstoffes müssen mit den in den verschiedenen Lastfällen im Zeitstandbereich festgelegten Lebensdauerzeiten in Bezug stehen.

5.2 Schutz vor Korrosion und Erosion

5.2.1 Allgemeines

Im Rahmen der vorliegenden Europäischen Norm umfaßt der Begriff ”Korrosion" Erscheinungen wie Korrosion, Oxidation, Verzunderung, Abrasion, Erosion und alle sonstigen Formen von Abtrag.

ANMERKUNG 1 Unter bestimmten Temperatur- und Umgebungseinflüssen kann Spannungsrisskorrosion auftreten. Ein Korrosionszuschlag ist kein geeignetes Mittel, um dieser Korrosionsform und ähnlichen Erscheinungen entgegenzuwirken. Vielmehr sind in diesen Fällen Überlegungen bezüglich der verwendeten Werkstoffe und der Eigenspannungen in den fertiggestellten Druckbehältern anzustellen.

ANMERKUNG 2 Aufgrund der Komplexität der Korrosionserscheinungen ist es nicht möglich, eindeutige Anforderungen zum Schutz vor ihren Auswirkungen festzulegen. Korrosion kann u. a. in den nachstehend angeführten Erscheinungsformen auftreten:

— Chemische Reaktion, bei der Metall durch die Reagenzien angegriffen wird. Diese Reaktion kann auf der gesamten Oberfläche oder örtlich begrenzt (mit der Folge von Lochfraß) oder als Kombination beider Arten auftreten.

— Rostbildung durch die kombinierte Wirkung von Feuchtigkeit und Luft;

— Erosionskorrosion, bei der ein ansonsten unschädlicher Stoff mit einer Geschwindigkeit über die Oberfläche strömt, die einen kritischen Wert überschreitet;

— Verzunderung (Oxidation bei hoher Temperatur).

Der Hersteller muss berücksichtigen, welche Auswirkung Korrosion (innen wie außen) auf die Nutzungsdauer des Druckbehälters hat. In Zweifelsfällen sind Korrosionsprüfungen durchzuführen. Dabei sind die tatsächlich verwendeten Metalle (einschließlich Schweißnähte bzw. Kombinationen verschiedener Metalle) den Chemikalien auszusetzen, für die der Behälter im Betrieb benutzt wird. Korrosionsprüfungen sind über eine ausreichend lange Zeit fortzusetzen, um ermitteln zu können, wie sich die Korrosionsgeschwindigkeit im Lauf der Zeit verändert.

ANMERKUNG 3 Es ist ein Trugschluss, dass der Hauptbestandteil einer Mischung verschiedener Chemikalien das aktive Reagenz ist; in vielen Fällen können geringe Spuren einer Substanz eine korrosionsbeschleunigende oder –hemmende Wirkung haben, die in keinem Verhältnis zu der vorhandenen Menge steht. Fluidtemperaturen und -Strömungsgeschwindigkeiten in den Korrosionsprüfungen müssen denen im Betrieb entsprechen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5.2.2 Korrosionszuschlag

Wenn als Folge von Oberflächenkorrosion oder -erosion, verursacht durch die Produkte im Druckbehälter oder die Atmosphäre, mit einer Abnahme der Wanddicke an einer der Oberflächen zu rechnen ist, muss eine für die Auslegungslebensdauer der Druckbehälterbauteile ausreichende zusätzliche Wanddicke veranschlagt werden. Der Wert ist in der Konstruktionszeichnung des Druckbehälters anzugeben. Die Höhe des Zuschlags muss der gesamten erwarteten Korrosion auf den betreffenden Oberflächen entsprechen.

Ein Korrosionszuschlag ist nicht erforderlich, wenn die Druckbehälterwände von beiden Seiten aus ausreichend geprüft werden können, Erosion ausgeschlossen werden kann oder die verwendeten Werkstoffe gegenüber dem Behälterinhalt korrosionsbeständig oder zuverlässig korrosionsgeschützt sind (siehe 5.2.4).

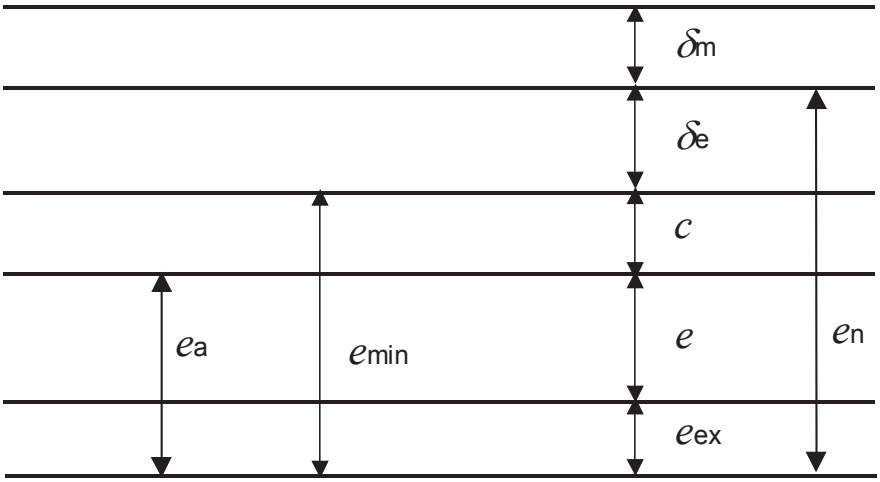
Für Wärmeaustauscherrohre oder andere für ähnliche Zwecke eingesetzte Bauteile ist kein Korrosionszuschlag erforderlich, sofern nicht bestimmte korrosive Medien in der Betriebsumgebung dies erfordern.

Dieser Korrosionszuschlag schützt nicht sicher gegen Lochfraß oder Spannungsrisskorrosion; in solchen Fällen sind die Verwendung anderer Werkstoffe, das Anbringen von Überzügen usw. geeignete Maßnahmen.

Ist mit tiefer Lochkorrosion zu rechnen, sollten entsprechend widerstandsfähige Werkstoffe gewählt oder Schutzüberzüge auf die Oberflächen aufgetragen werden.

5.2.3 Zusammenhänge zwischen den definierten Wanddicken

Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen definierten Wanddicken sind in Bild 5-1 dargestellt.



Legende

e Erforderliche Wanddicke

e_n Nennwanddicke

e_{min} Mindestfertigungsdicke ($e_{min} = e_n - \delta_e$)

e_a Berechnungswanddicke ($e_a = e_{min} - c$)

c Korrosionszuschlag

δ_e Absolutwert der negativen Toleranz der Nenndicke des Bauteils (beispielsweise aus den Werkstoffnormen entnommen)

δ_m Zuschlag für die mögliche Dickenabnahme beim Formen

e_{ex} Dickenzuschlag bis zur Nennwanddicke

Bild 5-1 — Zusammenhänge zwischen den definierten Wanddicken

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5.2.4 Auskleidungen und Schutzüberzüge

Nur völlig undurchlässige, ausreichend dicke und chemisch stabile Schutzschichten, deren mittlere Lebensdauer mindestens der des Druckbehälters entspricht, werden als zuverlässiger Schutz angesehen; dünne Beschichtungen (durch Anstrich, Elektroplattierung, Verzinnen usw.) und Überzüge, die erfahrungsgemäß vor Ablauf der Lebensdauer der Druckbehälterbauteile erneuert werden müssen, gelten als ungeeignet. Bei Kunststoffüberzügen muss ihre Eignung nachgewiesen werden, wobei neben anderen Faktoren das Diffusionsrisiko zu berücksichtigen ist. Die Korrosionsschutzprüfung gemäß Europäischer Norm EN 286-2:1992 wird für die in dieser Norm behandelten Druckbehälter als nicht ausreichend angesehen.

Druckbehälter können ganz oder teilweise mit korrosionsbeständigen Materialien ausgekleidet (oder beschichtet) sein. Auskleidungen sollten fest mit dem Grundwerkstoff des Druckbehälters verbunden sein. Bei losen oder in Abständen befestigten Auskleidungen sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

— ausreichende Duktilität der Auskleidung, damit die im Betrieb auftretenden Beanspruchungen, z. B. unterschiedliche Wärmeausdehnung, aufgenommen werden können;

— geeignete Oberflächenbehandlung des Grundwerkstoffs bei nichtmetallischen Beschichtungen.

Wenn der Kontakt des korrosiven Mediums mit dem Grundwerkstoff des Druckbehälters ausgeschlossen werden kann, ist ein Korrosionszuschlag zur Kompensation des Abtrags auf der Innenoberfläche nicht erforderlich.

5.2.5 Verschleißplatten

Wenn starke Erosion oder Abrasion auftritt, sind an den betroffenen Stellen Schutz- oder Verschleißplatten direkt im Strömungsweg des abtragenden Mediums anzubringen.

5.3 Lastfälle

5.3.1 Einwirkungen

Bei der Konstruktion eines Druckbehälters sind die folgenden Einwirkungen, soweit zutreffend, zu berücksichtigen:

a) Innendruck und/oder Außendruck;

b) maximaler statischer Druck des Fluids im Druckbehälter unter Betriebsbedingungen;

c) Masse des Druckbehälters;

d) maximale Masse des Behälterinhalts unter Betriebsbedingungen;

e) Masse des Wassers unter Wasserdruckprüfbedingungen;

f) Beanspruchung durch Wind, Schnee und Eis;

g) Belastung durch Erdbeben;

h) sonstige vom Druckbehälter aufgenommene oder auf den Behälter wirkende Lasten, einschließlich Belastungen bei Transport und Montage.

In Fällen, in denen ein Nachweis der Angemessenheit der vorgeschlagenen Konstruktion, z. B. durch Vergleich mit dem Verhalten anderer Druckbehälter, nicht möglich ist, sind ggf. die Wirkungen der nachstehend angeführten Lasten zu berücksichtigen.

i) Beanspruchungen durch Stützpratzen, Stützringe, Träger, Sattelauflager, Inneneinbauten oder Anschlussrohre oder durch beabsichtigten Mittellinienversatz zu benachbarten Teilen;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

j) Stoßbeanspruchung durch Wasserschlag oder Schwallwirkung des Behälterinhalts;

k) Biegemomente aufgrund außermittiger Lage der Druckkräfte gegenüber der neutralen Achse des Druckbehälters;

l) Spannungen aufgrund von Temperaturunterschieden einschließlich Transienten und unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten;

m) Spannungen aufgrund von Druck- und Temperaturschwankungen sowie externen Belastungen, die auf den Druckbehälter wirken;

n) Spannungen aufgrund der Zersetzung von instabilen Fluiden.

5.3.2 Klassifizierung der Belastungen

5.3.2.1 Lastfälle bei Normalbetrieb

Lastfälle bei Normalbetrieb treten beim normalen Betrieb des Druckbehälters einschließlich Anlauf und Abschalten auf.

Für die Berechnung der **Lastfälle bei Normalbetrieb** sind folgende Parameter zu verwenden:

— der Berechnungsdruck, P, nach 5.3.10;

— für die Nennberechnungsspannungen gilt $f = f_d$ nach 6.1.3 bei Berechnungstemperatur;

— für die Berechnungswanddicke gilt $e_a = e_{min} - c$ nach 5.2.3;

— der Schweißnahtfaktor, z, nach Tabelle 5.6-1.

5.3.2.2 Außergewöhnliche Lastfälle

Außergewöhnliche Lastfälle liegen dann vor, wenn Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, die Sicherheitsabschaltung bzw. -Inspektion des Druckbehälters bzw. der Anlage erfordern. Beispiele hierfür sind der Druckanstieg in der Außenhülle bzw. interne Explosionen.

Für die Berechnung **außergewöhnlicher Lastfälle** sind folgende Parameter zu verwenden:

— der Berechnungsdruck, P, nach 5.3.10;

— für die Nennberechnungsspannungen gilt $f = f_{exp}$ nach 6.1.2 und 6.1.3 bei Berechnungstemperatur;

— für die Berechnungswanddicke gilt $e_a = e_{min} - c$ nach 5.2.3;

— für den Schweißnahtfaktor gilt z = 1,0 nach 5.6.

5.3.2.3 Prüflastfälle

Prüflastfälle sind:

— **Prüflastfälle für die abschließende Bewertung** in Verbindung mit Prüfungen nach der Fertigung entsprechend EN 13445-5:2009;

oder

— **Prüflastfälle bei Betrieb** in Verbindung mit Wiederholungsprüfungen während der vom Anwender festgelegten Lebensdauer.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Bei der Berechnung der **Prüflastfälle für die abschließende Bewertung** sind folgende Parameter zu verwenden:

— für den Prüfdruck gilt P_{test} = P_t nach EN 13445-5:2009;

— für die Nennberechnungsspannungen gilt $f = f_{test}$ nach 6.1.2 und 6.1.3 bei Prüftemperatur;

— für die Berechnungswanddicke gilt $e_a = e_{min}$, dabei entspricht e_{min} den Festlegungen in 5.2.3 (kein Korrosionszuschlag);

— für den Schweißnahtfaktor gilt z = 1,0 nach 5.6.

Bei der Berechnung der **Prüflastfälle bei Betrieb** sind folgende Parameter zu verwenden:

— für den Prüfdruck gilt P_{test} = Prüfdruck bei Betrieb, festgelegt vom Anwender unter Berücksichtigung nationaler Vorschriften. Die Änderung des Prüfdruckes für Behälter bei hydrostatischem Druck nach EN 13445-5:2009, 10.2.3.3.1 b) ist anzuwenden, wobei der vom Anwender festgelegte Prüfdruck bei Betrieb statt P_t zu verwenden ist;

— für die Nennberechnungsspannungen gilt $f = f_{test}$ nach 6.1.2 und 6.1.3 bei Prüftemperatur;

— für die Berechnungswanddicke gilt $e_a = e_{min} - c$ nach 5.2.3;

— für den Schweißnahtfaktor gilt z = 1,0 nach 5.6.

5.3.3 In diesem Teil betrachtete Ausfalltypen

a) starke plastische Verformung (GPD);

b) plastische Instabilität (Platzen);

c) elastische oder plastische Instabilität (Knicken);

d) elastisches Einspielen (PD);

e) Ermüdung;

f) Kriechbruch

g) Kriechverformung

h) Kriechermüdung

ANMERKUNG 1 Detailliertere Informationen über die Ausfalltypen finden sich in Anhang B.

ANMERKUNG 2 Die plastische Instabilität wird durch die Grenzwerte für GPD abgedeckt.

5.3.4 (Höchster) zulässiger Druck PS eines Druckraums (bzw. einer Kammer)

Der (Höchster) zulässiger Druck *PS* eines Druckraums (oder einer Kammer) bei normaler Betriebsbelastung ist an einer festgelegten Stelle zu definieren. Dies ist entweder der Anschlusspunkt von Sicherheits- und/oder Begrenzungseinrichtungen, der höchste Punkt des Druckraums (bzw. der Kammer) oder, falls diese ungeeignet sind, jeder andere festgelegte Punkt.

1) Der innere zulässige Betriebsüberdruck (bei normalen Betriebsbedingungen) darf nicht kleiner sein als:

   a) der Differentialdruck, der an dem festgelegten Punkt im Druckraum (bzw. in der Kammer) herrscht, wenn die Druckentlastungseinrichtung zu öffnen beginnt;

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

b) der höchste im Betrieb an diesem Punkt erreichbare Differentialdruck, wenn dieser nicht durch eine Druckentlastungseinrichtung begrenzt wird.

2) Der Absolutwert des äußeren zulässigen Betriebsüberdrucks darf nicht kleiner sein als:

a) der Absolutwert des Drucks, der an dem festgelegten Punkt im Druckraum (bzw. in der Kammer) herrscht, wenn die Druckentlastungseinrichtung zu öffnen beginnt;

b) der höchste im Betrieb an diesem Punkt erreichbare Absolutwert des Drucks, wenn dieser nicht durch eine Druckentlastungseinrichtung begrenzt wird.

5.3.5 Auslegungsdruck für einen Druckbehälter (bzw. für eine Kammer)

Der Absolutwert des Auslegungsdrucks P_d darf bei normaler Betriebsbelastung nicht kleiner sein als der Absolutwert für *PS*.

5.3.6 Zulässige Maximal-/Minimaltemperaturen TS_{max} und TS_{min} für einen Druckbehälter (bzw. für eine Kammer)

TS_{max} und TS_{min} müssen für eine normale Betriebsbelastung spezifiziert werden.

5.3.7 Auslegungstemperatur für einen Druckbehälter (bzw. für eine Kammer)

Die Auslegungstemperatur T_d darf nicht niedriger sein als die maximale Fluidtemperatur bei dem zugehörigen Auslegungsdruck.

Wenn die zulässige Maximaltemperatur unter 20°C liegt, muss die Auslegungstemperatur 20°C betragen.

5.3.8 Kombinationen von Auslegungsdruck und -temperatur bei normalen Betriebsbedingungen

Es kann mehrere Kombinationen von Auslegungsdruck und Auslegungstemperatur geben.

5.3.9 Kombinationen von Auslegungsdruck und -temperatur bei Testbedingungen oder außergewöhnlichen Betriebsbedingungen

Ferner sind Kombinationen außergewöhnlicher Auslegungsdrücke und –temperaturen bei besonderen Lastfällen möglich (siehe 5.3.2).

5.3.10 Berechnungsdruck für ein Bauteil

Der Berechnungsdruck *P* muss auf der ungünstigsten Kombination von Druck und Temperatur beruhen. Der Wert muss, soweit anwendbar, die auftretende maximale statische und dynamische Druckhöhe einschließen und auf der größtmöglichen Druckdifferenz zwischen Behälterinnenseite und Behälteraußenseite (oder zwischen den zwei benachbarten Kammern) basieren.

Druckbehälter unter Außendruckbelastung sind für den maximalen Differenzdruck auszulegen, dem sie im Betrieb ausgesetzt sein können. Druckbehälter, die einem Vakuum ausgesetzt sind, sind für einen äußeren Überdruck von 0,1 MPa auszulegen, sofern nicht die Höhe des Teilvakuums z. B. durch ein Unterdruckventil oder eine ähnliche Einrichtung begrenzt wird. In diesem Fall kann ein Auslegungsdruck zwischen 0,1 MPa und dem Einstelldruck dieser Sicherheitseinrichtung vereinbart werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5.3.11 Berechnungstemperatur für ein Bauteil

Die Berechnungstemperatur *T* darf nicht niedriger sein als die im Betrieb zu erwartende tatsächliche Wandtemperatur oder, wenn die Temperaturänderung über die Wanddicke bekannt ist, als die mittlere Wandtemperatur. Die Berechnungstemperatur muss eine angemessene Toleranz für Unsicherheiten in der Temperaturbemessung enthalten. Sind gesicherte Vorhersagen unterschiedlicher Metalltemperaturen für verschiedene Teile des Druckbehälters möglich, kann der Berechnungstemperatur für jeden beliebigen Punkt im Behälter die angenommene Metalltemperatur zugrunde gelegt werden.

5.4 Konstruktions- und Berechnungsverfahren

5.4.1 Allgemeines

Dieser Teil legt die Anforderungen an die Konstruktion von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen fest, bei denen die Auslegung nach Berechnungsverfahren (DBF, en: Design by formulae) angewendet wird.

Das DBF-Verfahren kann außerdem durch die beiden folgenden Verfahrensreihen ergänzt oder ersetzt werden:

a) analytischer Zulässigkeitsnachweis (vorher: Auslegung nach Analyseverfahren (DBA)), d. h. analytischer Zulässigkeitsnachweis – Direktes Verfahren nach Anhang B, und analytischer Zulässigkeitsnachweis – Verfahren der Spannungskategorien, nach Anhang C;

b) experimentelle Verfahren.

5.4.2 Behälter sämtlicher Prüfgruppen, Druckbelastung vorwiegend nicht-zyklischer Art

Die in den Abschnitten 7 bis 16, den Anhängen G und J und in Abschnitt 19 (nur für die Prüfung der Untergruppen 1 c und 3 c) sowie die Anforderungen von Anhang B und C ergeben eine zufriedenstellende Auslegung für Behälter unter ruhenden Druckbelastungen, d. h. bei denen die Anzahl der Druckzyklen über die volle Schwingbreite bzw. die Anzahl der äquivalenten Druckzyklen über die volle Schwingbreite unter bzw. bei 500 liegt.

$$n_{eq} \leq 500 \qquad (5.4\text{-}1)$$

Dann ist keine Analyse der Ermüdung erforderlich, und es kommen die Standardanforderungen der zerstörungsfreien Prüfungen nach EN 13445-5:2009 zur Anwendung.

Für n_i Druckzyklen bei einem Druck ΔP_i, der geringer ist als der volle Druck *P*, ergibt sich die Anzahl der gleichwertigen Druckzyklen über die volle Schwingbreite durch:

$$n_{eq} = \sum n_i \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{P_{max}} \right)^3 \qquad (5.4\text{-}2)$$

In der oben angegebenen Gleichung steht P_{max} für den maximal zulässigen Druck, P_{max}, der für den gesamten Behälter (siehe 3.16) für den Lastfall bei Normalbetrieb berechnet wurde (siehe 5.3.2.1).

Zur Vereinfachung darf P_{max} durch den Berechnungsdruck P ersetzt werden.

ANMERKUNG Der Wert von 500 äquivalenten Druckzyklen über die volle Schwingbreite ist nur eine ungefähre Angabe. Es kann davon ausgegangen werden, dass für Bauteile mit Unregelmäßigkeiten im Profil, einer stark variierenden örtlichen Beanspruchung, auf die zusätzliche Beanspruchungen - nicht in Form von Druck - einwirken, eine Ermüdungsschädigung vor 500 Zyklen eintreten kann.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5.4.3 Druckbehälter der Prüfgruppe 4

Druckbehälter der Prüfgruppe 4 sind nach der Festlegung in EN 13445-5:2009 vorwiegend für den nicht zyklischen Betrieb und **Berechnungstemperaturen unterhalb des Zeitstandbereichs** bestimmt. Sie sind für den Betrieb bis zu 500 Druckzyklen über die volle Schwingbreite bzw. äquivalente Druckzyklen begrenzt.

ANMERKUNG Ist die Anzahl der äquivalenten Druckzyklen über die volle Schwingbreite von 500 erreicht, sollte eine Wasserdruckprüfung durchgeführt werden, gefolgt von einer umfassenden Sichtprüfung. Ist die Prüfung erfolgreich bestanden, kann der Betrieb über weitere 500 Druckzyklen erneut aufgenommen werden.

5.4.4 Druckbehälter der Prüfgruppen 1, 2 und 3, die unterhalb des Zeitstandbereiches betrieben werden, überwiegend zyklische Druckbelastungen

Liegt die Anzahl der Druckzyklen über die volle Schwingbreite bzw. der äquivalenten Druckzyklen über die volle Schwingbreite über 500, sind die Berechnungen für die Druckbehälter der Prüfgruppe 1, 2 und 3 entweder durch eine vereinfachte Berechnung auf Ermüdungsfestigkeit nach Abschnitt 17 oder, falls erforderlich, durch eine ausführliche Berechnung auf Ermüdungsfestigkeit nach Abschnitt 18 zu ergänzen.

Die Abschnitte 17 und 18 schreiben ferner die Bedingungen für die Festlegung von kritischen Zonen vor, wenn zusätzliche Anforderungen an Schweißfehler bzw. NDT nach Definition im Anhang G zu EN 13445-5:2009 zur Anwendung kommen sollen.

5.4.5 Ermüdungsanalyse für Kompensatoren

Der Abschnitt 14 enthält spezifische Ermüdungskurven für Kompensatoren.

5.4.6 Auslegung durch Analyse

Sofern in den Abschnitten 7 bis 16, den Anhängen G und J keine Anforderung für ein Teil angegeben ist, kommen die Regeln der Anhänge B und C zur Anwendung.

Die Regeln von Anhang B, Analytischer Zulässigkeitsnachweis – Direktes Verfahren, gelten nur für Behälter oder Behälterteile der Prüfgruppe 1.

5.4.7 Experimentelle Verfahren

Der Zulässigkeitsnachweis der Konstruktion kann auch nach den experimentellen Verfahren erbracht werden. Diese Verfahren können ohne Berechnungen angewendet werden, wenn das Produkt von maximal zulässigem Druck *PS* und Volumen *V* kleiner ist als 6 000 bar·L; andernfalls dürfen sie nur als Ergänzung zu einer Auslegung nach Formeln bzw. einer Auslegung nach Analyseverfahren dienen.

5.4.8 Vermeidung von Sprödbruch

Detaillierte Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz gegen Sprödbruch von Druckbehältern aus Stahl sind in EN 13445-2:2009, Anhang B, enthalten.

5.5 Wanddickenberechnungen (DBF)

5.5.1 Festlegung der geforderten Wanddicke

Sofern nicht anders angegeben, sind sämtliche Auslegungsberechnungen im korrodierten Zustand mit zueinander passenden Abmessungen (für Dicke, Durchmesser usw.) durchzuführen.

Die Formeln in diesem Teil der Norm beschreiben entweder:

— ein direktes Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Wanddicke oder

— ein iteratives Verfahren zur Überprüfung der ausreichenden Bemessung der Berechnungswanddicke.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Toleranzen und Fertigungszuschläge sind entsprechend hinzuzufügen (siehe Bild 5-1).

ANMERKUNG In den einzelnen Abschnitten zu konstruktiven Einzelheiten können Einschränkungen bezüglich der Wanddicke angegeben sein.

5.5.2 Auskleidungen

Korrosionsbeständige Auskleidungen können in der Berechnung der erforderlichen Wanddicke in Abhängigkeit vom Auslegungsdruck nur dann berücksichtigt werden, wenn sie fest mit dem Grundwerkstoff des Behälters verbunden sind (z. B. durch Sprengplattieren, Schweißplattieren u.ä.).

Bei der Berechnung der Instabilität darf die Festigkeit der Verkleidung nicht berücksichtigt werden.

Die DBF-Anforderungen der Abschnitte 7 bis 16 können mit einer äquivalenten Dicke zur Anwendung kommen, wodurch das Vorhandensein der Auskleidung berücksichtigt wird. Als Berechnungsspannung ist der Wert des Grundwerkstoffs zu verwenden: f_{m1}.

Wenn die Berechnungsnennspannung der Auskleidung f_{m2} größer oder gleich der Berechnungsnennspannung des Grundwerkstoffs ist, dann ist die äquivalente Dicke e_{eq} gleich der Summe der Berechnungswanddicke der Auskleidung und des Grundwerkstoffs.

$$e_{eq} = e_{a,m1} + e_{a,m2} \tag{5.5-1}$$

Ist die Berechnungsnennspannung der Auskleidung geringer als die Berechnungsnennspannung der Auskleidung des Grundwerkstoffs, ergibt sich folgende äquivalente Dicke:

$$e_{eq} = e_{a,m1} + e_{a,m2} \cdot \frac{f_{m2}}{f_{m1}} \tag{5.5-2}$$

hierbei wird der Index m1 für den Grundwerkstoff verwendet,

der Index m2 wird für die Auskleidung verwendet.

Bei den Ermüdungsanalyseprüfungen nach Abschnitt 17 und 18 muss das Vorhandensein einer Auskleidung sowohl für die thermische Analyse als auch für die Spannungsanalyse berücksichtigt werden. Wenn dagegen die Auskleidung fest mit dem Grundwerkstoff des Behälters verbunden ist und die Nenndicke der Auskleidung nicht mehr als 10 Prozent der gesamten Nenndicke des Bauteils beträgt, braucht das Vorhandensein der Auskleidung nicht berücksichtigt werden, d.h. das Modell beruht auf der Grundwerkstoffgeometrie.

5.6 Schweißnahtfaktor

Für die Berechnung der erforderlichen Wanddicke bestimmter geschweißter Teile (z. B. Zylinder, Kegel, Kugeln) enthalten die Berechnungsformeln den Faktor z, d.h. den Schweißnahtfaktor der die Bemessung des betreffenden Bauteils maßgebenden Schweißnaht.

Beispiele für die Bemessung des Druckbehälters maßgebende Schweißnähte sind:

— Längs- oder Wendelnähte in einer zylindrischen Schale;

— Längsnähte in einer kegelförmigen Schale;

— jede Hauptnaht in einer Kugelschale bzw. einem kugelförmigen Boden;

— Hauptnähte in einem aus zwei oder mehreren Platten gefertigten gewölbten Boden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Folgende Schweißnähte sind nicht als maßgebende Schweißnähte anzusehen:

— Rundnähte zwischen zylindrischer oder kegelförmiger Schale und einem Zylinder, Kegel, Flansch oder nicht halbkugelförmigem Boden;

— Schweißnähte zur Befestigung von Stutzen an Schalenschweißnähten;

— Schweißnähte, die ausschließlich Druckspannungen ausgesetzt sind.

ANMERKUNG Umlaufende Schweißnähte können bei externen Belastungen zu maßgebenden Schweißnähten werden.

Werte für *z* unter normalen Auslegungsbedingungen sind in Tabelle 5.6-1 angegeben. Der Wert ist auf die jeweilige Prüfgruppe der bestimmenden Schweißnähte bezogen. Die Prüfgruppen sind in EN 13445-5:2009, Abschnitt 6 festgelegt.

Tabelle 5.6-1 — Schweißnahtfaktor und zugehörige Prüfgruppe

z	1	0,85	0,7
Prüfgruppe	1, 2	3	4

Im Grundwerkstoff außerhalb von maßgebenden Schweißnähten gilt: $z = 1$.

Unter außergewöhnlichen Bedingungen und Prüfbedingungen ist unabhängig von der Prüfgruppe der Wert 1 zu wählen.

5.7 Gestaltungsforderungen für Schweißverbindungen

5.7.1 Allgemeine Anforderungen

Der Hersteller muss die für die Erfüllung der Anforderungen der vorliegenden Norm geeignetsten Schweißverbindungen wählen und dabei insbesondere den folgenden Parametern Rechnung tragen:

— Sorte und Eigenschaften der verwendeten Metalle;

— Betriebsbedingungen, z, B. vorwiegend ruhende oder zyklische Beanspruchung, gefährliche oder korrosive Fluide;

— betreffende Prüfgruppen, siehe EN 13445-5:2009, 6.6.1.1;

— Fertigungsverfahren.

Anhang A enthält Anforderungen und Empfehlungen für drucktragende Schweißverbindungen. Bei Anwendung des Analytischen Zulässigkeitsnachweises — Direktes Verfahren für Behälter oder Behälterteile, die im Zeitstandbereich betrieben werden, gelten die festgelegten besonderen Anforderungen.

5.7.2 Längsnähte

Bauteile von zylindrischen bzw. kegelförmigen Schalen, kugelförmige Bauteile sowie gewölbte oder ebene Böden müssen mit Stumpfnähten verbunden werden, wobei durch die Wahl des Schweißverfahrens eine vollständige Durchschweißung sicherzustellen ist.

Die Mittellinienversatz von Bauteilen, die mit Längsnähten mit zylindrischen oder kegelförmigen bzw. mit kugelförmigen Schalen verbunden sind, darf im Bereich der Schweißnaht die Fertigungstoleranzen nach EN 13445-4:2009 nicht überschreiten. Biegewirkungen müssen bei der Auslegung berücksichtigt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

5.7.3 Rundnähte

Der Mittellinienversatz von Bauteilen gleicher Wanddicke darf die Toleranzgrenzen nach EN 13445-4:2009 nicht überschreiten.

Mittellinienversatz von Bauteilen unterschiedlicher Wanddicke ist zulässig, darf jedoch die Toleranzgrenzen für inneren und äußeren Oberflächenversatz nach EN 13445-4:2009 nicht überschreiten.

5.7.4 Sonderforderungen für bestimmte Schweißnahtarten

5.7.4.1 Sickennähte

Sickennähte sind zulässig, wenn sämtliche nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

a) Prüfgruppe 3 oder 4 bei vorwiegend nichtzyklischem Betrieb oder zusätzlich Prüfgruppe 1 oder 2 bei Tiefsttemperaturbetrieb;

b) Rundnähte zwischen Behälterboden und -schale; sämtliche Rundnähte bei Tiefsttemperaturbetrieb;

c) Werkstoffgruppe 1.1, 1.2 oder 8.1;

d) Wanddicke höchstens 8 mm bzw. 12 mm bei Tiefsttemperaturbetrieb;

e) Durchmesser höchstens 1 600 mm. Bei Durchmessern über 1 600 mm ist eine Prüfung des Schweißverfahrens an einer Vollmaßprobe erforderlich. Der Durchmesser des Prüfstücks darf nicht kleiner als der Nenndurchmesser und nicht größer als der doppelte Nenndurchmesser sein. Die Prüfung ist nach EN ISO 15613:2004 durchzuführen und zu protokollieren. Bei Behältern für Tiefsttemperaturbetrieb ist der Durchmesser nicht begrenzt.

f) Berechnungstemperatur:

— $-10°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 1.1 und 1.2

— $-196°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 8.1;

— $-40°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 1.1 und 1.2, für Tiefsttemperaturbetrieb.

g) nichtkorrosive Bedingungen.

h) Fertigungstoleranzen nach EN 13445-4:2009.

5.7.4.2 Verbindungen mit bleibender Unterlage

Verbindungen mit bleibender Unterlage sind zulässig, wenn sämtliche nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

a) Prüfgruppe 3 oder 4 bei vorwiegend nichtzyklischem Betrieb oder zusätzlich Prüfgruppe 1 oder 2 bei Tiefsttemperaturbetrieb;

b) Rundnähte zwischen Behälterboden und -schale; sämtliche Rundnähte bei Tiefsttemperaturbetrieb;

c) Werkstoffgruppe 1.1, 1.2 oder 8.1;

d) Wanddicke höchstens 8 mm bzw. 30 mm bei Tiefsttemperaturbetrieb;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

e) Durchmesser höchstens 1 600 mm. Bei Durchmessern über 1 600 mm ist eine Prüfung des Schweißverfahrens an einer Vollmaßprobe erforderlich. Der Durchmesser des Prüfstücks darf nicht kleiner als der Nenndurchmesser und nicht größer als der doppelte Nenndurchmesser sein. Die Prüfung ist nach EN ISO 15613:2004 durchzuführen und zu protokollieren. Bei Behältern für Tiefsttemperaturbetrieb ist der Durchmesser nicht begrenzt.

f) Berechnungstemperatur:

— $-10°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 1.1 und 1.2

— $-196°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 8.1;

— $-40°C \leq T \leq 120°C$ für Werkstoffgruppe 1.1 und 1.2, für Tiefsttemperaturbetrieb.

g) nichtkorrosive Bedingungen.

h) Fertigungstoleranzen nach EN 13445-4:2009 bei Wanddicken nicht über 8 mm; um die Hälfte verminderte Toleranzwerte nach EN 13445-4:2009 bei Wanddicken über 8 mm und Tiefsttemperaturbetrieb

5.7.4.3 Überlappende Verbindungen

5.7.4.3.1 Allgemeiner Fall

Überlappende Verbindungen mit Kehlnähten dürfen nur verwendet werden, wenn sämtliche nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

a) Prüfgruppe 4;

b) Rundnaht zwischen Behälterboden und -schale;

c) Werkstoffdicke höchstens 8 mm;

d) Durchmesser höchstens 1 600 mm;

e) Werkstoffgruppe 1.1;

f) Berechnungstemperatur:

$-10°C \leq T \leq 120°C$

g) nichtkorrosive Bedingungen;

h) mit Ausnahme der Fälle C32, C33 und C35 in Tabelle A-2 sind beide Seiten der Überlappung zu schweißen (siehe Bilder C31 und C34);

i) Fertigungstoleranzen nach EN 13445-4:2009

5.7.4.3.2 Verbindung von Kompensatoren

Die Fälle B 2, B 3 und B 5 in Tabelle A-9 sind nur unter nichtkorrosiven Bedingungen zulässig.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

6 Maximal zulässige Werte für Berechnungsnennspannungen an drucktragenden Teilen

6.1 Allgemeines

6.1.1 Dieser Abschnitt legt die maximal zulässigen Werte für Berechnungsnennspannungen an drucktragenden Teilen, bei denen es sich nicht um Schrauben handelt, sowie die physikalischen Eigenschaften von Stählen fest.

Die im Zeitstandbereich einzusetzenden Werte sind in Abschnitt 19 angegeben.

ANMERKUNG Berechnungsnennspannungen für Schraubenwerkstoffe sind in den Abschnitten 11 und 12 angegeben.

6.1.2 Für spezielle Bauteile eines Druckbehälters, z. B. Bauteile aus bestimmten Werkstoffen oder mit bestimmten Wanddicken, gelten unterschiedliche Werte für die Berechnungsnennspannung unter Auslegungsbedingungen und Prüfbedingungen.

Für außergewöhnliche Lastfälle kann eine höhere Berechnungsnennspannung verwendet werden (siehe 6.1.3). Der Hersteller muss in der Betriebsanleitung eine Inspektion des Druckbehälters vor der Wiederinbetriebnahme nach Eintritt eines solchen außergewöhnlichen Falles vorschreiben

Bei der Bewertung von Prüfbedingungen oder außergewöhnlichen Lastfällen brauchen das elastische Einspielen und Ermüdungsfestigkeitsforderungen nicht berücksichtigt zu werden.

6.1.3 Die maximalen Werte der Berechnungsnennspannung für Normalbelastung und für Prüfbelastung sind aus den Werkstoffeigenschaften nach 6.1.5 und den Kennwerten in 6.2 bis 6.5 zu ermitteln. Die Formeln zur Berechnung der Berechnungsnennspannungen sind in Tabelle 6-1 zusammengestellt.

Für die Prüfgruppe 4 ist der maximale Wert der Berechnungsnennspannung für normale Auslegungsbedingungen mit dem Faktor 0,9 zu multiplizieren.

Der Sicherheitsbeiwert für außergewöhnliche Auslegungsbedingungen darf nicht kleiner sein als der für die Prüfbedingungen.

6.1.4 Unter besonderen Umständen kann die Verwendung geringerer Werte für die Berechnungsnennspannung erforderlich sein, z. B. bei Gefahr von Spannungsrisskorrosion, in besonderen Gefahrensituationen usw.

6.1.5 Zugfestigkeit und Streckgrenze der Werkstoffe müssen den Werten im Fertigstellungszustand entsprechen, die wiederum mit den Mindestwerten der zugehörigen technischen Spezifikation übereinstimmen müssen, die nach EN 13445-5:2009, Abschnitt 5 vorbereitet ist.

ANMERKUNG Diese Werte werden im allgemeinen erreicht, wenn die Wärmebehandlung den Bestimmungen in EN 13445-4:2009 entspricht.

Diese Mindestwerte, die für den Lieferzustand gewährleistet werden, können für Konstruktionszwecke verwendet werden, sofern nicht bekanntermaßen die Wärmebehandlung zu niedrigeren Werten führt, wobei in diesem Fall dann die niedrigeren Werte verwendet werden müssen. Ergeben sich für das Schweißgut nach der Fertigung niedrigere Werte, sind diese zu verwenden.

6.1.6 Für die Festlegung der Zugfestigkeit und der Streckgrenze bei einer Temperatur von über 20 °C kommt die in EN 13445-2:2009, 4.2 vorgesehene Prozedur zur Anwendung.

6.1.7 Für die Festlegung der Bruchdehnung siehe EN 13445-2:2009, Abschnitt 4.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

6.2 Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 %

6.2.1 Auslegungsbedingungen

Die Berechnungsnennspannung *f* für Auslegungsbedingungen darf f_d, den niedrigeren der beiden folgende Werte nicht übersteigen:

— den Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2 % Dehngrenze bei Berechnungstemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,5 bzw.

— den Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20°C nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 2,4.

6.2.2 Prüfbedingungen

Die Berechnungsnennspannung für Prüfbedingungen f darf f_{test}, den Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2-%-Dehngrenze bei Prüftemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,05 nicht überschreiten.

6.3 Alternatives Verfahren für Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 %

6.3.1 Allgemeines

Bei Anwendung des alternativen Verfahrens kann eine höhere Berechnungsnennspannung zugrunde gelegt werden, wenn alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

a) Werkstoffanforderungen nach den Festlegungen in EN 13445-2:2009 für die Auslegung nach dem Analyseverfahren — Direktes Verfahren (neu: Analytischer Zulässigkeitsnachweis).

b) Einschränkungen bei der Konstruktion und den Schweißverbindungen nach den Festlegungen, Abschnitt 5 und Anhang A, für die Auslegung nach dem Analyseverfahren — Direktes Verfahren (neu: Analytischer Zulässigkeitsnachweis).

c) Alle durch zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP) entsprechend den Anforderungen nach EN 13445-5:2009 zu prüfenden Schweißnähte müssen sowohl während der Herstellung als auch während des Betriebes für diese ZfP zugänglich sein.

d) In allen Fällen eine Berechnung der Ermüdungslebensdauer nach Abschnitt 17 oder 18.

e) Herstellungsanforderungen nach den Festlegungen in EN 13445-4:2009 für die Auslegung nach dem Analyseverfahren — Direktes Verfahren.

f) Zerstörungsfreie Prüfungen nach den Festlegungen in EN 13445-5:2009 für die Auslegung nach dem Analyseverfahren — Direktes Verfahren.

g) Geeignete Prüfungen während des Betriebs sind in den Bedienungsanleitungen des Herstellers festgelegt.

ANMERKUNG Bis ausreichende innerbetriebliche Erfahrungen nachgewiesen werden können, wird für die Überprüfung der Auslegung (Berechnungen) und Sicherstellung, dass alle Anforderungen an die Werkstoffe, Herstellung und ZfP erfüllt sind, die Einbeziehung einer unabhängigen Stelle mit entsprechender Qualifikation empfohlen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

6.3.2 Auslegungsbedingungen (Normalbetriebslastfälle)

Die Berechnungsnennspannung f für Auslegungsbedingungen darf f_d, den niedrigeren der beiden folgende Werte nicht übersteigen:

— den Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,5 bzw.

— den Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20°C nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,875.

6.3.3 Prüfbedingungen

Die Berechnungsnennspannung für Prüfbedingungen f darf f_{test}, den Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2-%-Dehngrenze bei Prüftemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,05 nicht überschreiten.

6.4 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von 30 % bis 35 % Bruchdehnung nach der maßgeblichen Werkstoffnorm

6.4.1 Auslegungsbedingungen

Die Berechnungsnennspannung f darf f_d, den Mindestwert der 1-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,5 nicht überschreiten.

6.4.2 Prüfbedingungen

Die Berechnungsnennspannung für Prüfbedingungen f_{test} darf den Quotienten aus dem in der Werkstoffnorm angegebenen Mindestwert der 1-%-Dehngrenze bei Prüftemperatur und dem Sicherheitsbeiwert 1,05 nicht überschreiten.

6.5 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von 35 % (und mehr) Bruchdehnung nach zugehöriger Werkstoffnorm

6.5.1 Auslegungsbedingungen

Die Berechnungsnennspannung f für Auslegungsbedingungen darf den größeren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

a) Wert nach 6.4.1; oder

b) falls ein Wert für $R_{m/T}$ vorliegt, den niedrigeren der beiden folgenden Werte:

— den Mindestwert der Zugfestigkeit bei Berechnungstemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 3,0 bzw.

— den Mindestwert der 1-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur nach der technischen Werkstoffnorm, geteilt durch den Sicherheitsbeiwert 1,2.

6.5.2 Prüfbedingungen

Die Berechnungsnennspannung f für Prüfbelastungen darf f_{test}, den größeren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

a) Wert nach 6.4.2 bzw.

b) den Quotient aus dem in der Werkstoffnorm angegebenen Mindestwert der Zugfestigkeit bei Prüftemperatur und dem Sicherheitsbeiwert 2.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

6.6 Stahlgussstücke

6.6.1 Auslegungsbedingungen

Die Berechnungsnennspannung f für Auslegungsbedingungen darf f_d, den niedrigeren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

— Quotient aus dem in der Werkstoffnorm angegebenen Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur und dem Sicherheitsbeiwert 1,9 bzw.

— Quotient aus dem in der Werkstoffnorm angegebenen Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20 °C und dem Sicherheitsbeiwert 3,0.

6.6.2 Prüfbedingungen

Die Berechnungsnennspannung f für Prüfbedingungen darf f_{test}, den Quotient aus dem in der Werkstoffnorm angegebenen Mindestwert der Streckgrenze oder der 0,2 %-Dehngrenze bei Prüftemperatur und dem Sicherheitsbeiwert 1,33 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die physikalischen Eigenschaften von Stählen sind im Anhang O angegeben

Tabelle 6-1 — Maximal zulässige Werte für die Berechnungsnennspannung für drucktragende Teile außer Schrauben

Stahl	Auslegungsbedingungen [a b]	Prüfbedingungen / außergewöhnliche Bedingungen [b c]
Nichtaustenitische Stähle nach 6.2 $A < 30\,\%$ [d]	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,05}\right)$
Nichtaustenitische Stähle nach 6.3: Alternatives Verfahren $A < 30\,\%$ [d]	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{1,875}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,05}\right)$
Austenitische Stähle nach 6.4 $30\,\% \leq A < 35\,\%$ [d]	$f_d = \left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p1,0/T_{test}}}{1,05}\right)$
Austenitische Stähle nach 6.5 $A \geq 35\,\%$ [d]	$f_d = \max\left[\left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5}\right); \min\left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,2}; \frac{R_{m/T}}{3}\right)\right]$	$f_{test} = \max\left[\left(\frac{R_{p1,0/T\,test}}{1,05}\right); \left(\frac{R_{m/T\,test}}{2}\right)\right]$
Stahlguss nach 6.6	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,9}; \frac{R_{m/20}}{3}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,33}\right)$

[a] Für Prüfgruppe 4 ist der Wert der Berechnungsnennspannung mit 0,9 zu multiplizieren
[b] Anstelle der 0,2%-Dehngrenze R_{eH} darf die Streckgrenze (Fließgrenze) $R_{p0,2}$ verwendet werden, falls erstere der Werkstoffnorm nicht entnommen werden kann.
[c] Siehe 5.3.2 und 6.1.2.
[d] Bruchdehnung siehe EN 13445-2:2009, Abschnitt 4.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

7 Schalen unter Innendruck

7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält Anforderungen an die Konstruktion von innendruckbeaufschlagten achssymmetrischen Schalen, d. h. Zylinder- und Kugelschalen, Kugelkalotten, gewölbte Böden, Kegelschalen und Kegel-Zylinder-Verbindungen. Darüber hinaus sind auch Verfahren zur Auslegung von versetzt angeordnetenen Kegelschalen zur Verbindung zweier Zylinderschalen sowie für gewölbte Böden mit in den Krempenbereich reichenden Ausschnitten angegeben.

7.2 Zusätzliche Definitionen

Die folgenden Definitionen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 3.

7.2.1
Zylinder
Kreisförmiger Zylinder

7.2.2
Torisphärischer Boden
Ein gewölbter Boden bestehend aus einer Halbkugelschale (Kalotte), einer torusförmigen Krempe und einem zylindrischen Bord ist. Die drei Teile haben an den Berührungslinien gemeinsame Tangenten

7.2.3
Klöpperboden
Sonderfall eines torisphärischen Bodens mit R/D_e = 1,0 und r/D_e = 0,1

7.2.4
Korbbogenboden
Sonderfall eines torisphärischen Bodens mit R/D_e = 0,8 und r/D_e = 0,154

7.2.5
Elliptischer Boden
Gewölbter Boden mit wahrer elliptischer Form.

7.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in Tabelle 4-1.

D_e Außendurchmesser der Schale;

D_i Innendurchmesser der Schale;

D_m Mittlerer Durchmesser der Schale;

r Innenradius der Krümmung einer Krempe

7.4 Zylinder- und Kugelschalen

7.4.1 Geltungsbereich

Die Formeln in 7.4.2 und 7.4.3 gilt nur für Schalen mit $e/D_e \leq 0{,}16$. Die Formeln an Kugelschalen sind auch auf kugelförmige Abschnitte von Schalen, Halbkugelböden, die Mittelbereiche von torisphärischen Böden und Kugelabschnitte zur Verbindung einer kegelförmigen mit einer zylindrischen Schale (Krempe mit r/D_i=0,5) anzuwenden.

ANMERKUNG 1 Die Formeln in 7.4.2 und 7.4.3 dürfen auch für größere Werte von e/D_i verwendet werden, wenn die Berechnung durch eine ausführliche Ermüdungsberechnung ergänzt wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

ANMERKUNG 2 Die angegebenen Wanddicken sind Mindestwerte. An Verbindungsstellen mit anderen Bauteilen, zur Verstärkung an Stutzen oder Ausschnitten oder zur Aufnahme anderer Belastungen als Druck können größere Wanddicken erforderlich sein.

7.4.2 Zylinderschalen

Die erforderliche Wanddicke wird nach einer der beiden folgenden Gleichungen berechnet:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \tag{7.4-1}$$

oder

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P} \tag{7.4-2}$$

Für eine festgelegte geometrische Form:

$$P_{\max} = \frac{2f \cdot z \cdot e_a}{D_m} \tag{7.4-3}$$

ANMERKUNG Zur Anwendung dieser Gleichung auf verschiedene Lastfälle, siehe 3.16, Anmerkung 1.

7.4.3 Kugelschalen

Die erforderliche Wanddicke wird nach einer der beiden folgenden Gleichungen berechnet:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{4f \cdot z - P} \tag{7.4-4}$$

oder

$$e = \frac{P \cdot D_e}{4f \cdot z + P} \tag{7.4-5}$$

Für eine festgelegte geometrische Form:

$$P_{\max} = \frac{4f \cdot z \cdot e_a}{D_m} \tag{7.4-6}$$

ANMERKUNG Zur Anwendung dieser Gleichung auf verschiedene Lastfälle, siehe 3.16, Anmerkung 1.

7.5 Gewölbte Böden

7.5.1 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in 7.3.

D_e ist der Außendurchmesser des zylindrischen Bordes

D_i ist der Innendurchmesser des zylindrischen Bordes

e_b Erforderliche Wanddicke der Krempe zur Verhinderung plastischen Beulens

e_s Erforderliche Wanddicke des Bodens zur Begrenzung der Membranspannung in der Mitte

e_y Erforderliche Wanddicke der Krempe zur Verhinderung achssymmetrischen Fließens

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

f_b Berechnungsnennspannung in der Beulgleichung

h_i Innenhöhe eines elliptischen Bodens

K Berechnungsbeiwert für einen elliptischen Boden nach Definition in Gleichung (7.5-18)

N Parameter nach Definition in Gleichung (7.5-12)

R Innenradius im Mittelbereich eines torisphärischen Bodens

X Verhältnis von Krempenradius zu Schaleninnendurchmesser

Y Parameter nach Definition in Gleichung (7.5-9)

Z Parameter nach Definition in Gleichung (7.5-10)

β Beiwert ermittelt aus Bild 7.5-1 und 7.5-2 oder durch das Verfahren in 7.5.3.5.

7.5.2 Halbkugelböden

Die erforderliche Wanddicke eines Halbkugelbodens ist durch die Gleichungen in 7.4.3 gegeben. Die Wanddicke des zylindrischen Bords bis zur Tangente muss mindestens der Wanddicke der Zylinderschale nach 7.4.2 entsprechen.

7.5.3 Torisphärische Böden

7.5.3.1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Anforderungen gelten nur für Böden, die alle folgenden Bedingungen erfüllen:

$r \leq 0{,}2D_i$

$r \geq 0{,}06D_i$

$r \geq 2e$

$e \leq 0{,}08D_e$

$e \geq 0{,}001D_e$

$R \leq D_e$

7.5.3.2 Auslegung

Die erforderliche Wanddicke e ist gleich dem größten der folgenden Werte e_s, e_y und e_b:

$$e_s = \frac{P \cdot R}{2f \cdot z - 0{,}5P} \tag{7.5-1}$$

$$e_y = \frac{\beta \cdot P\left(0{,}75R + 0{,}2D_i\right)}{f} \tag{7.5-2}$$

β kann aus Bild 7.5-1 oder dem Verfahren nach 7.5.3.5 entnommen werden, wobei e durch e_y ersetzt wird.

und

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

$$e_b = (0{,}75R + 0{,}2D_i)\left[\frac{P}{111 f_b}\left(\frac{D_i}{r}\right)^{0{,}825}\right]^{\left(\frac{1}{1{,}5}\right)} \tag{7.5-3}$$

Dabei ist:

$$f_b = \frac{R_{p0,2/T}}{1{,}5} \tag{7.5-4}$$

Ausgenommen sind kaltumgeformte nahtlose Böden aus austenitischem rostfreien Stahl, für die gilt:

$$f_b = \frac{1{,}6 R_{p0,2/T}}{1{,}5} \tag{7.5-5}$$

Unter Prüfbedingungen muss für f_b in den Gleichungen der Faktor 1,5 durch 1,05 ersetzt werden.

ANMERKUNG 1 Bei nicht kaltumgeformten Böden aus rostfreiem Stahl ist f_b kleiner als f.

ANMERKUNG 2 Durch den Faktor 1,6 in der Gleichung für kaltumgeformte Böden wird die Werkstoffverfestigung berücksichtigt.

ANMERKUNG 3 Die Berechnung von e_b entfällt, wenn $e_y > 0{,}005 D_i$ ist.

ANMERKUNG 4 Die Innenhöhe eines torispärischen Bodens wird gegeben durch

$$h_i = R - \sqrt{(R - D_i/2) \times (R + D_i/2 - 2r)}$$

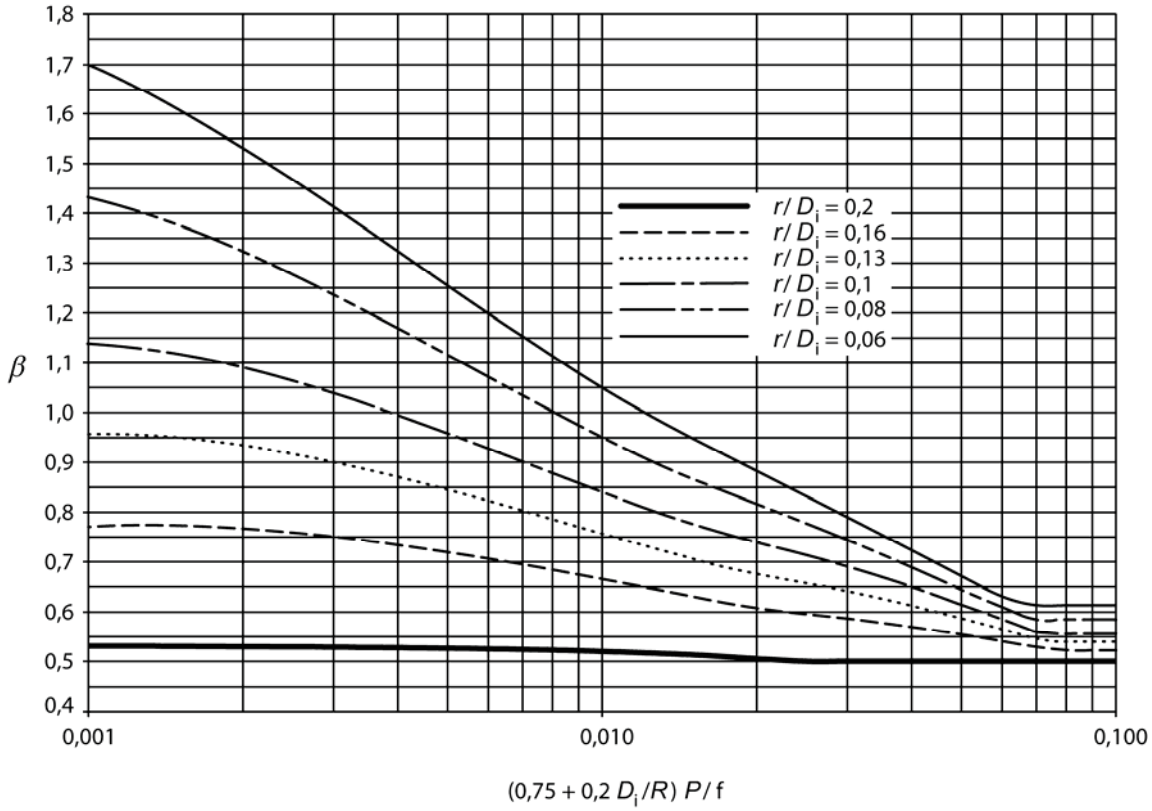


Bild 7.5-1 — Berechnungsbeiwert β für gewölbte Böden für die Auslegung

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

7.5.3.3 Nachrechnung

Für eine bestimmte Geometrie ist der höchstzulässige Berechnungsdruck P_{max} gleich dem niedrigsten der folgenden Werte P_s, P_y und P_b.

$$P_s = \frac{2f \cdot z \cdot e_a}{R + 0{,}5 e_a} \tag{7.5-6}$$

$$p_y = \frac{f.e_a}{\beta\left(0{,}75R + 0{,}2\,D_i\right)} \tag{7.5-7}$$

Dabei wird β aus Bild 7.5-2 und den Gleichungen in 7.5.3.5 ermittelt.

$$P_b = 111 f_b \left(\frac{e_a}{0{,}75R + 0{,}2\,D_i}\right)^{1{,}5} \left(\frac{r}{D_i}\right)^{0{,}825} \tag{7.5-8}$$

ANMERKUNG 1 Zur Anwendung der oben angegebenen Gleichungen auf verschiedene Lastfälle, siehe 3.16, Anmerkung 1.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung von P_b entfällt, wenn $e_a > 0{,}005 D_i$ ist.

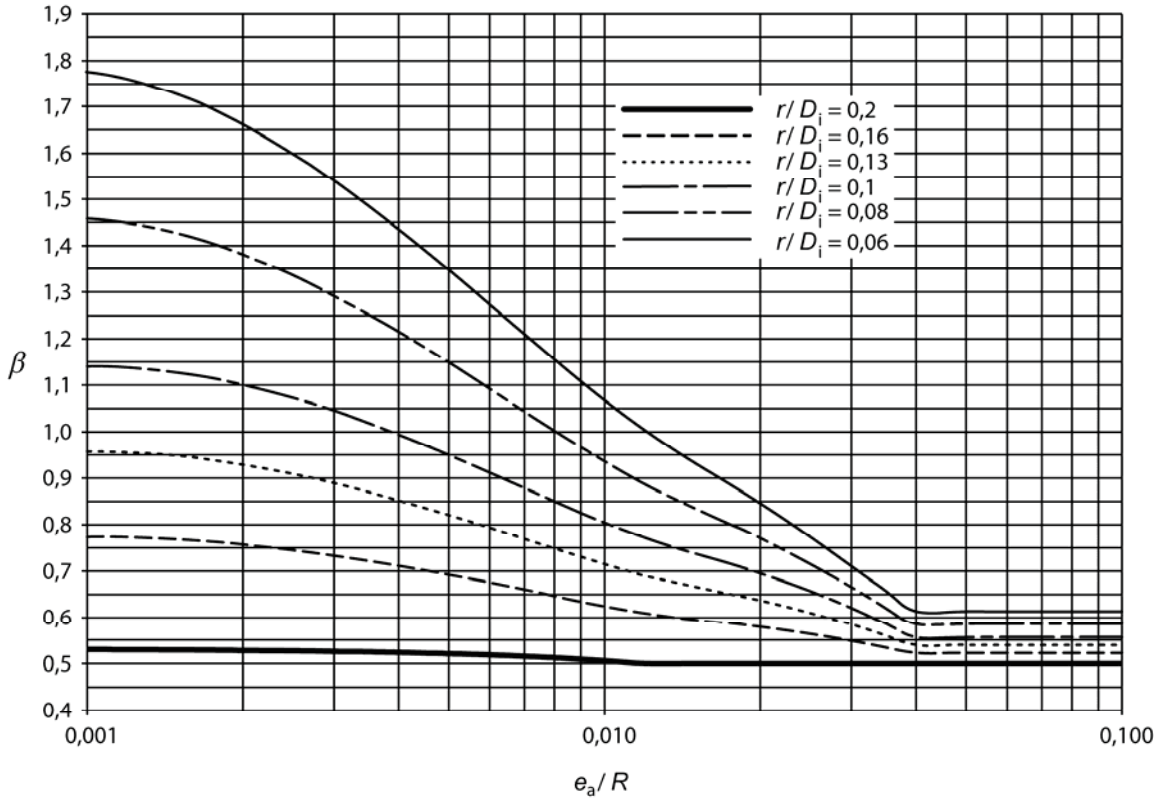


Bild 7.5-2 — Berechnungsbeiwert β für gewölbte Böden für die Nachrechnung

7.5.3.4 Ausnahmen

Es ist zulässig, die Wanddicke im kugelförmigen Bereich des Bodens (Kalotte) auf den Wert e_s zu reduzieren; dies gilt für eine Kreisfläche, deren Abstand von der Krempe mindestens dem Abstand $\sqrt{R \cdot e}$ entspricht, wie in Bild 7.5-3 dargestellt.

Der Bord muss die Anforderungen für zylindrische Schalen in 7.4.2 erfüllen, sofern seine Länge größer ist als $0{,}2\sqrt{D_i \cdot e}$. Sofern der Bord gleich lang oder kürzer ist als $0{,}2\sqrt{D_i \cdot e}$, darf die Wanddicke des Bords gleich der Wanddicke in der Krempe sein.

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12
AVA Documents
Document Sharing Hub

7.5.3.5 Gleichungen zur Berechnung des Beiwerts β

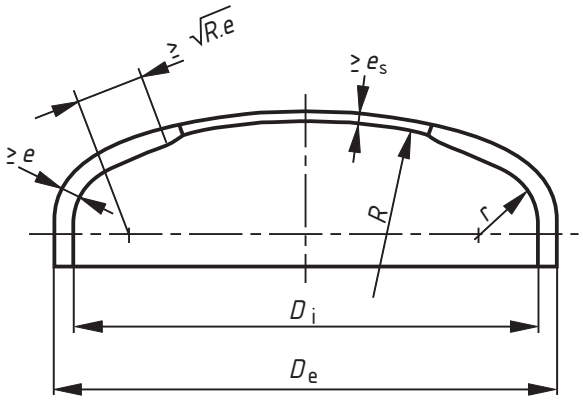


Bild 7.5-3 — Geometrie torisphärischer Böden

$$Y = \min(e/R\ ;\ 0{,}04) \tag{7.5-9}$$

$$Z = \log_{10}(1/Y) \tag{7.5-10}$$

$$X = r/D_i \tag{7.5-11}$$

$$N = 1{,}006 - \frac{1}{\{6{,}2 + (90\,Y)^4\}} \tag{7.5-12}$$

Für X = 0,06 gilt:

$$\beta_{0,06} = N\left(-0{,}3635Z^3 + 2{,}2124Z^2 - 3{,}2937Z + 1{,}8873\right) \tag{7.5-13}$$

Für 0,06 < X < 0,1 gilt:

$$\beta = 25\left\{(0{,}1 - X)\beta_{0,06} + (X - 0{,}06)\beta_{0,1}\right\} \tag{7.5-14}$$

Für X = 0,1 gilt:

$$\beta_{0,1} = N\,(-0{,}1833Z^3 + 1{,}0383Z^2 - 1{,}2943Z + 0{,}837) \tag{7.5-15}$$

Für 0,1 < X < 0,2 gilt:

$$\beta = 10\left\{(0{,}2 - X)\beta_{0,1} + (X - 0{,}1)\beta_{0,2}\right\} \tag{7.5-16}$$

Für X = 0,2 gilt:

$$\beta_{0,2} = \max\left\{0{,}95(0{,}56 - 1{,}94Y - 82{,}5Y^2)\,;\,0{,}5\right\} \tag{7.5-17}$$

ANMERKUNG Die vorstehenden Gleichungen für β führen bei Verwendung in 7.5.3.2 zu einer iterativen Berechnung. Dafür wird ein rechnergestütztes Verfahren empfohlen.

7.5.4 Elliptische Böden

Die Anforderungen dieses Abschnitts gelten nur für Böden mit 1,7 < K < 2,2.

$$K = D_i/(2h_i) \tag{7.5-18}$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Elliptische Böden sind wie äquivalente torisphärische Böden zu berechnen, wobei gilt:

$$r = D_i\left(\left(0{,}5 / K\right) - 0{,}08\right) \tag{7.5-19}$$

und

$$R = D_i(0{,}44K + 0{,}02) \tag{7.5-20}$$

7.6 Kegelschalen und Kegelböden

7.6.1 Anwendungsbedingungen

Die Anforderungen in 7.6.4 - 7.6.8 gelten für die Berechnung kreisförmiger Kegelschalen und Kegel-Zylinder-Verbindungen, bei denen Kegel- und Zylinderschale eine gemeinsame Rotationsachse aufweisen. Anforderungen an Kegelschalen mit Versatz der Mittellinie sind in 7.6.9 enthalten.

Die Anforderungen gelten nicht:

a) für Kegelschalen, deren halber Öffnungswinkel an der Spitze größer ist als 75 °;

b) für Kegelschalen mit

$$\frac{e \cdot \cos(\alpha)}{D_c} \leq 0{,}001\,; \tag{7.6-1}$$

c) für kurze Kegelschalen zur Verbindung von Doppelmantel und Mantel.

Mindestwerte für den Abstand von anderen wesentlichen Störstellen sind in den einzelnen Abschnitten angegeben.

7.6.2 Zusätzliche Definitionen

Die folgende Definition gilt zusätzlich zu denen in 7.2.

7.6.2.1
Verbindung zwischen Zylinder und Kegel
Schnittpunkt der Wanddickenmittellinien von Zylinder- und Kegelschale (Beispiele für die Verbindung an der großen Kegelgrundfläche sind in Bild 7.6-1 und 7.6-2 dargestellt)

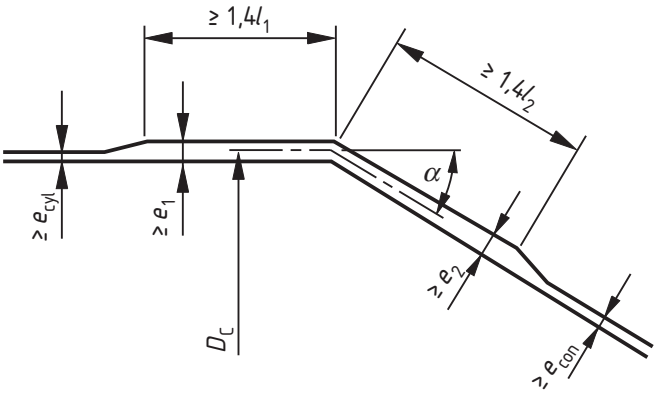


Bild 7.6.1 — Geometrie von Kegel-Zylinder-Verbindungen ohne Krempe an der großen Kegelgrundfläche

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

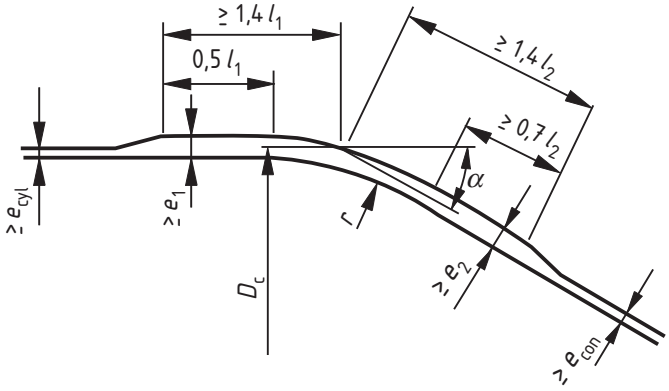


Bild 7.6.2 — Geometrie von Kegel-Zylinder-Verbindungen mit Krempe an der großen Kegelgrundfläche

7.6.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in Tabelle 7.3.

D_c Mittlerer Durchmesser der Zylinderschale an der Verbindungsstelle zur Kegelschale;

D_e Außendurchmesser der Kegelschale;

D_i Innendurchmesser der Kegelschale;

D_K Durchmesser nach Berechnung nach Gleichung (7.6-8);

D_m Mittlerer Durchmesser der Kegelschale;

e_{con} Erforderliche Wanddicke der Kegelschale nach Berechnung in 7.6.4;

$e_{con,a}$ die (minimale) Berechnungsdicke der Kegelschale;

e_{cyl} Erforderliche Wanddicke der Zylinderschale nach Berechnung in 7.4.2;

e_j Erforderliche Wanddicke an der Verbindungsstelle an der großen Kegelgrundfläche;

e_1 Erforderliche Wanddicke der Zylinderschale an der Verbindungsstelle;

e_{1a} Berechnungswanddicke der verstärkten Zylinderschale;

e_2 Erforderliche Wanddicke von Kegelschale und Krempe an der Verbindungsstelle;

e_{2a} Berechnungswanddicke der verstärkten Kegelschale;

f Ist die Nennberechnungsspannung. In der Berechnung der Verbindungen nach 7.6.6 bis 7.6.9 ist es der niedrigste der Werte für die einzelnen Bauteile;

l_1 Länge entlang der Zylinderschale;

l_2 Länge entlang der Kegelschale (große oder kleine Grundfläche);

r ist der Krempenradius;

α Halber Öffnungswinkel der Kegelschale an der Spitze (in Grad);

β Beiwert nach Definition in 7.6.6;

β_H Beiwert nach Definition in 7.6.8;

γ Beiwert nach Definition in 7.6.7;

ρ Beiwert nach Definition in 7.6.7;

τ Beiwert nach Definition in 7.6.8.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

7.6.4 Kegelschalen

Die erforderliche Wanddicke an jedem beliebigen Punkt entlang der Länge der Kegelschale wird nach einer der beiden folgenden Gleichungen berechnet:

$$e_{\text{con}} = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \tag{7.6-2}$$

oder

$$e_{\text{con}} = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \tag{7.6-3}$$

Dabei sind D_i und D_e die Durchmesser im betrachteten Punkt.

Für eine bestimmte Geometrie:

$$P_{\text{max}} = \frac{2f \cdot z \cdot e_{\text{con,a}} \cdot \cos(\alpha)}{D_{\text{m}}} \tag{7.6-4}$$

Dabei ist D_m der Durchmesser im betrachteten Punkt.

ANMERKUNG Zur Anwendung dieser Gleichung auf verschiedene Lastfälle, siehe 3.16, Anmerkung 1.

Für die Berechnung der erforderlichen Dicke an der großen Grundfläche eines mit einer Zylinderschale verbundenen Kegelschale dürfen nachstehende Ersetzungen vorgenommen werden:

$$D_i = D_K \tag{7.6-5}$$

$$D_e = D_K + 2e_2 \cos(\alpha) \tag{7.6-6}$$

$$D_m = (D_i + D_e) / 2 \tag{7.6-7}$$

Dabei ist:

$$D_K = D_c - e_1 - 2r\{1 - \cos(\alpha)\} - l_2 \sin(\alpha) \tag{7.6-8}$$

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Wanddicken sind Mindestwerte. An Verbindungsstellen mit anderen Bauteilen, zur Verstärkung an Stutzen oder Ausschnitten oder zur Aufnahme anderer Belastungen als Druck können größere Wanddicken erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Da es sich bei der oben ermittelter Wanddicke um den zulässigen Mindestwert an diesem Punkt entlang der Kegelschale handelt, ist es zulässig, eine Kegelschale aus Platten unterschiedlicher Dicke zu fertigen, sofern die Mindestdicke an jedem Punkt erreicht wird.

7.6.5 Verbindungen

Die Anforderungen in 7.6.6, 7.6.7 und 7.6.8 gelten nur, wenn die Länge des ungestörten Bereichs zwischen dieser Verbindung und einer anderen Verbindung oder wesentlichen Störstelle, z. B. eine andere Kegel-Zylinder-Verbindung oder ein Flansch, an der Zylinderschale mindestens 2 l_1 und an der Kegelschale mindestens 2 l_2 beträgt. Dabei ist:

$$l_1 = \sqrt{D_c \cdot e_1} \tag{7.6-9}$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{D_c \cdot e_2}{\cos(\alpha)}} \tag{7.6-10}$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

7.6.6 Kegel-Zylinder-Verbindung ohne Krempe an der großen Kegelgrundfläche

7.6.6.1 Geltungsbereich

Dien Anforderungen in 7.6.6.2 und 7.6.6.3 gelten nur, wenn die nachstehende Bedingung erfüllt ist: die Verbindung ist eine Stumpfnaht, wobei die inneren und äußeren Nahtoberflächen gleichmäßig in die benachbarte Kegel- bzw. Zylinderschale übergehen, ohne dass die Wanddicke örtlich vermindert wird.

ANMERKUNG Spezielle ZfP-Anforderungen gelten in EN 13445-5:2009 sofern für eine Konstruktion die Dicke an der Naht nicht größer ist als 1,4 e_j.

7.6.6.2 Auslegung

Die erforderliche Wanddicke e_1 der Zylinderschale an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte für e_{cyl} und e_j, wobei e_j wie folgt berechnet wird:

Man nehme einen Wert für e_j an und berechne:

$$\beta = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{D_c}{e_j}} \cdot \frac{\tan(\alpha)}{1 + 1/\sqrt{\cos(\alpha)}} - 0{,}15 \qquad (7.6\text{-}11)$$

$$e_j = \frac{P \cdot D_c \cdot \beta}{2f} \qquad (7.6\text{-}12)$$

Die durch Gleichung (7.6-12) gegebene Dicke ist zulässig sofern sie nicht kleiner ist als die angenommene.

ANMERKUNG Der für e_j erforderliche Wert kann durch iterative Anwendung dieser Prozedur erhalten werden, bis Gleichung (7.6-12) einen Wert gleich dem angenommenen ergibt.

Der Wert von β kann auch dem Diagramm in Bild 7.6-3 entnommen werden.

Diese Wanddicke muss bis zu einem Abstand von der Verbindung von mindestens $1{,}4 l_1$ entlang des Zylinders beibehalten werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

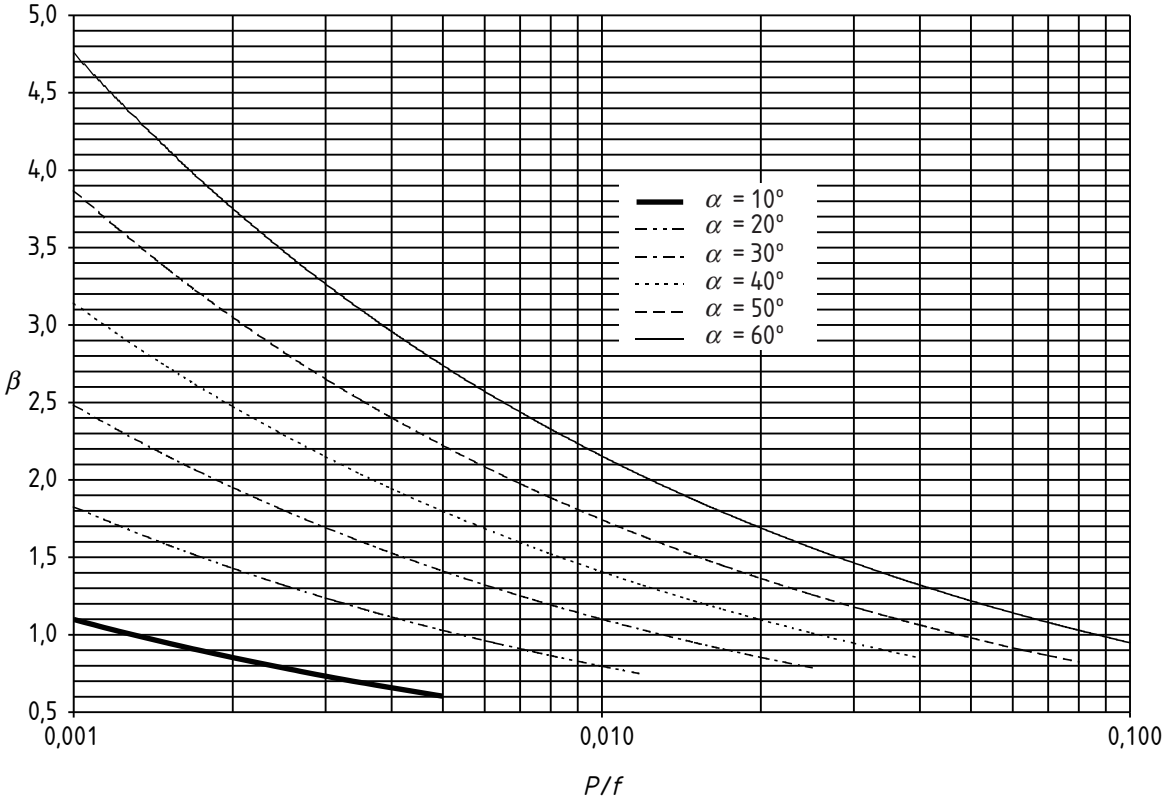


Bild 7.6-3 — Werte für β für Kegel-Zylinder-Verbindung ohne Krempe an der großen Kegelgrundfläche

Die erforderliche Wanddicke e_2 der Kegelschale an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte von e und e_j. Diese Dicke muss bis zu einem Abstand von der Verbindung von mindestens 1,4 l_2 entlang des Kegels beibehalten werden (siehe Bild 7.6-1).

Die Verstärkung darf wie folgt umverteilt werden, sofern die Mindestwanddicken nach 7.4.2 und 7.6.4 weiterhin eingehalten werden.

Die Wanddicke der Zylinderschale kann nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche der Zylinderwand bis zu einem Abstand von 1,4 l_1 von der Verbindungsstelle mindestens $1{,}4 \cdot e_1 \cdot l_1$ beträgt. Des weiteren kann die Wanddicke der Kegelschale nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche der Kegelschale bis zu einem Abstand von 1,4 l_2 von der Verbindungsstelle mindestens $1{,}4 \cdot e_2 \cdot l_2$ beträgt.

7.6.6.3 Nachrechnung

Der höchstzulässige Berechnungsdruck P_{max} für eine gegebene Wanddicke wird wie folgt ermittelt:

a) P_{max} nach Gleichung (7.4-3) für die Zylinderschale berechnen.

b) P_{max} nach Gleichung (7.6-4) für die Kegelschale berechnen.

c) Die Berechnungswanddicke e_{1a} der verstärkten Zylinderschale an der Verbindungsstelle ermitteln.

d) Die Berechnungswanddicke e_{2a} der verstärkten Kegelschale an der Verbindungsstelle ermitteln.

e) P_{max} nach Gleichung (7.6-4) mit Wanddicke e_{2a} und Durchmesser D_m berechnen.

f) Für e_j den niedrigeren Wert von e_{1a} und e_{2a} einsetzen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

g) Den Wert von β aus Gleichung (7.6-11) berechnen; dann ist

$$P_{max} = \frac{2f \cdot e_j}{\beta \cdot D_c} \qquad (7.6\text{-}13)$$

h) Der höchstzulässige Berechnungsdruck ist der niedrigste der in den Schritten a), b), e) und g) ermittelten Drücke.

ANMERKUNG Die Berechnungswanddicke der verstärkten Zylinderschale in vorstehendem Schritt c) bzw. d) kann mit folgendem Verfahren ermittelt werden:

1) Den Wert e_{1a} schätzen. Der Ausgangswert sollte die Berechnungswanddicke an der Verbindungsstelle sein.

2) Den Wert von l_1 berechnen.

$$l_1 = 1{,}4\sqrt{D_c \cdot e_{1a}} \qquad (7.6\text{-}14)$$

3) Ist die Wanddicke über die Länge l_1 konstant, dann ist e_{1a} bereits gefunden.

4) Andernfalls ist die Wandquerschnittsfläche A_1 innerhalb eines Abstands l_1 von der Verbindungsstelle zu berechnen.

5) Aus der folgenden Gleichung ergibt sich eine bessere Näherung.

$$e_{1a} = A_1 / l_1 \qquad (7.6\text{-}15)$$

Das Ergebnis ist annehmbar, wenn der Wert nicht größer ist als der in Schritt 1) geschätzte Wert.

6) Ist das Ergebnis nicht annehmbar, zu 1) zurückgehen.

7) In gleicher Weise ist mit nachstehender Gleichung der Wert von e_{2a} zu ermitteln.

$$l_2 = 1{,}4\sqrt{\frac{D_c \cdot e_{2a}}{\cos(\alpha)}} \qquad (7.6\text{-}16)$$

7.6.7 Kegel-Zylinder-Verbindung mit Krempe an der großen Kegelgrundfläche

7.6.7.1 Geltungsbereich

Die Anforderungen dieses Unterabschnitts gelten nur, wenn alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

a) Die Krempe weist Torusform und gleichmäßige Übergänge zur benachbarten Kegel- bzw. Zylinderschale auf.

b) Der innere Krümmungsradius der Krempe ist $r < 0{,}3\ D_c$.

ANMERKUNG Dieser Abschnitt schreibt keinen Mindestwert für den Krümmungsradius der Krempe vor.

7.6.7.2 Auslegung

Der Wert e_j wird nach folgendem Verfahren berechnet:

Einen Wert für e_j schätzen und dann wie folgt berechnen:

$$\beta = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{D_c}{e_j}} \cdot \frac{\tan(\alpha)}{1 + 1/\sqrt{\cos(\alpha)}} - 0{,}15 \qquad (7.6\text{-}17)$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

$$\rho = \frac{0{,}028r}{\sqrt{D_c \cdot e_j}} \cdot \frac{\alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos(\alpha)}} \tag{7.6-18}$$

$$\gamma = 1 + \frac{\rho}{1{,}2\left(1 + \frac{0{,}2}{\rho}\right)} \tag{7.6-19}$$

$$e_j = \frac{P \cdot D_c \cdot \beta}{2f\gamma} \tag{7.6-20}$$

Die durch Gleichung (7.6-20) gegebene Dicke ist für die Krempe zulässig sofern sie nicht kleiner als die angenommene ist.

ANMERKUNG Der für e_j erforderliche Wert kann durch iterative Anwendung dieser Prozedur erhalten werden, bis Gleichung (7.6-20) einen Wert gleich dem angenommenen ergibt.

Die erforderliche Wanddicke e_1 der Zylinderschale an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren Wert von e_c bzw. e_j. Diese Dicke muss bis zu einem Abstand von mindestens 1,4 l_1 von der Verbindungsstelle und bis zu einem Abstand von 0,5 l_1 von der Tangente zwischen Zylinderschale und Krempe entlang der Zylinderschale beibehalten werden.

Die erforderliche Wanddicke e_2 von Krempe und Kegelschale an der Verbindungsstelle entspricht dem größeren Werte von e_{con} bzw. e_j. Diese Dicke muss bis zu einem Abstand von mindestens 1,4 l_2 von der Verbindungsstelle und bis zu einem Abstand von 0,7 l_2 von der Tangente zwischen Kegelschale und Krempe entlang der Kegelschale beibehalten werden.

7.6.7.3 Nachrechnung

Der höchstzulässige Berechnungsdruck P_{max} für eine gegebene Geometrie wird wie folgt ermittelt:

a) Die Berechnungswanddicke e_{1a} der Zylinderschale im Krempenbereich und e_{2a} der Krempe und des angrenzenden Teils der Kegelschale ermitteln.

b) Überprüfen, dass die Bedingungen in 7.6.7.1 erfüllt werden.

c) P_{max} nach Gleichung (7.4-3) mit $e_a = e_{1a}$ für die Zylinderschale berechnen.

d) P_{max} nach Gleichung (7.6-4) mit $e_{con,a} = e_{2a}$ für die Kegelschale berechnen.

e) Der Wert von e_j ist der kleinere der für e_{1a} und e_{2a} ermittelten Werte.

f) Die Werte für β und γ aus den Gleichungen (7.6-17) und (7.6-19) ermitteln und dann P_{max} wie folgt berechnen:

$$P_{max} = \frac{2f \cdot \gamma \cdot e_j}{\beta \cdot D_c} \tag{7.6-21}$$

g) Der höchstzulässige Berechnungsdruck ist der niedrigste der in den Schritten c), d) und f) ermittelten Drücke.

7.6.8 Kegel-Zylinder-Verbindung an der kleinen Kegelgrundfläche

7.6.8.1 Geltungsbereich

Die Anforderungen in 7.6.8.2 und 7.6.8.3 gelten nur, wenn alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sind.

a) Die erforderliche Wanddicke der Zylinderschale e_1 wird bis zu einem Abstand l_1 von der Verbindungsstelle und die erforderliche Wanddicke der Kegelschale e_2 bis zu einem Abstand l_2 von der Verbindungsstelle berechnet (siehe Bild 7.6-4).

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

b) Die Wanddicken erfüllen die Anforderungen in 7.4.2 und 7.6.4.

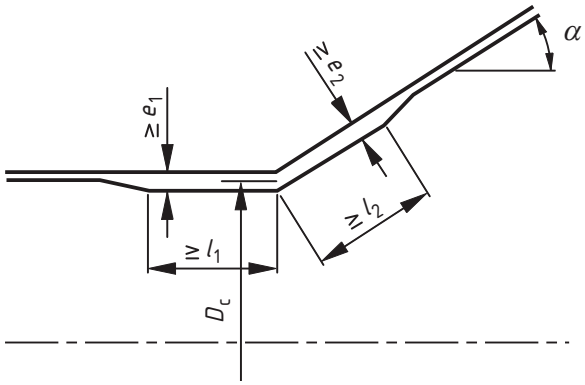


Bild 7.6-4 — Geometrie von Kegel-Zylinder-Verbindungen an der kleinen Kegelgrundfläche

7.6.8.2 Auslegung

Die erforderlichen Wanddicken e_1 und e_2 werden wie folgt ermittelt:

Werte für e_1 und e_2 wählen.;

$$s = \frac{e_2}{e_1} \tag{7.6-22}$$

Für $s < 1$ gilt:

$$\tau = s\sqrt{\frac{s}{\cos(\alpha)}} + \sqrt{\frac{1+s^2}{2}} \tag{7.6-23}$$

Für $s \geq 1$ gilt:

$$\tau = 1 + \sqrt{s \cdot \left\{\frac{1+s^2}{2\ \cos(\alpha)}\right\}} \tag{7.6-24}$$

$$\beta_H = 0{,}4\sqrt{\frac{D_c}{e_1}} \cdot \frac{\tan(\alpha)}{\tau} + 0{,}5 \tag{7.6-25}$$

Wenn nachstehende Gleichung erfüllt ist

$$P \leq \frac{2f \cdot z \cdot e_1}{D_c \cdot \beta_H} \tag{7.6-26}$$

sind die Werte für e_1 und e_2 annehmbar. Andernfalls die Berechnung mit höheren Werten für e_1 und e_2 wiederholen.

ANMERKUNG Nach vorstehenden Gleichungen werden e_1 und e_2 nicht getrennt berechnet. Diese Werte können beliebig so gewählt werden, wie es für die Auslegung zweckmäßig ist, d. h. um beispielsweise einen günstigen Wert für l_1 oder l_2 zu erhalten.

Unter der Voraussetzung, dass die Anforderungen in 7.4.2 und 7.6.4 weiterhin eingehalten werden, darf die Berechnung nach der vorstehenden Regel wie folgt modifiziert werden:

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

a) Ist $e_1 = e_2$, dann kann eine Krempe derselben Dicke vorgesehen werden. Die Abstände l_1 und l_2 werden auch weiterhin ab der Verbindungsstelle (dem Schnittpunkt der Mittellinien von Zylinder- und Kegelschale) gemessen.

b) Die Wanddicke der Zylinderschale kann nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche der Zylinderschale bis zu einem Abstand von l_1 von der Verbindungsstelle mindestens $l_1 \cdot e_1$ beträgt. Des weiteren kann die Wanddicke der Kegelschale nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche der Kegelschale bis zu einem Abstand von l_2 von der Verbindungsstelle mindestens $l_2 \cdot e_2$ beträgt.

7.6.8.3 Nachrechnung

Der höchstzulässige Berechnungsdruck P_{max}, für eine bestimmte Geometrie und Normalbetriebslastfälle, wird wie folgt ermittelt:

$$P_{max} = \frac{2f \cdot z \cdot e_{1a}}{D_c \cdot \beta_H} \qquad (7.6\text{-}27)$$

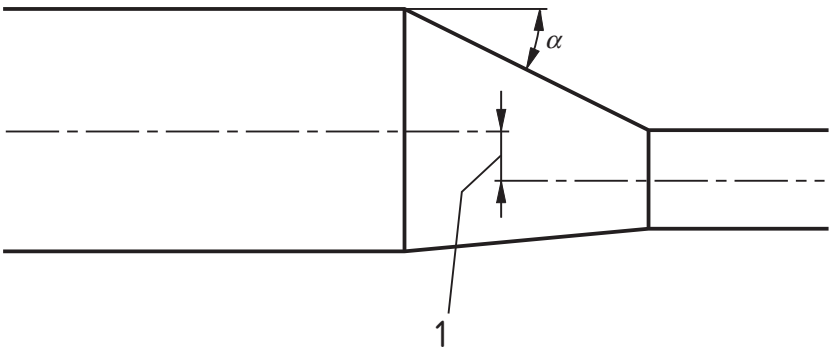
Dabei sind e_{1a} und e_{2a} die Berechnungswanddicken; β_H ist Gleichung (7.6-22) bis (7.6-25) zu entnehmen.

ANMERKUNG 1 Die Werte von e_{1a} und e_{2a} werden nach dem in der Anmerkung in 7.6.6.3 beschriebenen Verfahren ermittelt.

ANMERKUNG 2 Die Berechnungswanddicken können die erforderliche Wanddicke übersteigen, ohne deshalb zu einer Zunahme von l_1 bzw. l_2 zu führen.

7.6.9 Kegelschalen mit Mittellinienversatz

Die Anforderungen dieses Abschnitts gelten für Verbindungskegel zwischen zwei Zylinderschalen mit Mittellinienversatz (siehe Bild 7.6-5). Die Mittellinien der beiden Zylinderschalen müssen parallel sein, wobei der Versatz zwischen den Mittellinien nicht größer sein darf als die Differenz ihrer Radien. Die erforderliche Wanddicke für die Verbindung an der großen Kegelgrundfläche wird nach 7.6.6 und für die Verbindung an der kleinen Kegelgrundfläche nach 7.6.8 ermittelt. Der größere der beiden Werte ist auf die gesamte Kegelschale anzuwenden. Für den Winkel α wird der größte Winkel zwischen Kegel- und Zylinderschale eingesetzt.



Legende

1 Mittellinienversatz

Bild 7.6-5 — Kegelschale mit Mittellinienversatz

7.7 Stutzen im Krempenbereich

7.7.1 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in 7.5.1.

A Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-4) oder (7.7-8)

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

A_1 Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-12) oder (7.7-16)

B Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-5) oder (7.7-9)

B_1 Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-13) oder (7.7-17)

β_k Beiwert für die Verschwächung durch den Stutzen nach Gleichung (7.7-10)

d_i Innendurchmesser des Stutzens

X Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-11) oder (7.7-15)

V Beiwert nach Definition in Gleichung (7.7-3) oder (7.7-7)

7.7.2 Grenzen der Anwendbarkeit

In diesem Unterabschnitt sind Bedingungen für Ausschnittverstärkungen in gewölbten Böden mit Stutzen außerhalb des in 9.7.2.4 definierten Zentralbereiches enthalten, für die daher Abschnitt 9 nicht anwendbar ist.

Die Bedingungen sind beschränkt auf Klöpper- und Korbbogenböden mit

$$d_i/D_e \leq 0{,}6 \tag{7.7-1}$$

und

$$\frac{d_i}{\sqrt{e_a \cdot D_e}} \leq 6{,}7 \tag{7.7-2}$$

Die Stutzenachse und die Behälterachse müssen in einer Ebene liegen. Die Stutzenachse muss zwischen der Normalen zur Behälterwand und der Parallelen zur Bodenachse liegen. Der Stutzen muss so angeordnet sein, dass er die Tangente zwischen Krempe und zylindrischem Mantel nicht kreuzt. Stutzen mit Achsen parallel zur Bodenachse und mit Außenerzeugender in Fortsetzung des zylindrischen Bodenansatzes sind erfasst.

Die Bedingungen in 7.7 dürfen auch für elliptische Böden mit einem Durchmesserverhältnis $K \leq 2$ angewendet werden. Die Dicke eines solchen elliptischen Bodens mit Stutzen im Krempenbereich ist gleich der eines Korbbogenbodens mit demselben Durchmesser.

Die entsprechend diesem Abschnitt erforderliche Wanddickenvergrößerung ist im gesamten Krempenbereich erforderlich. Verstärkungsscheiben sind nicht zulässig. Die Dicke im Kalottenbereich darf geringer sein, sofern die Bedingungen in 7.5.3.4 eingehalten werden und die Stutzenverstärkung im Kalottenbereich die Bedingungen des Abschnitts 9 erfüllen.

Sofern der geringste Abstand der Durchdringung des Stutzens und der Krempe von der Tangente Krempe und dem zylindrischen Bord kleiner ist als $2{,}5\sqrt{e_a \cdot r}$ (gemessen entlang der Oberfläche), ist die Anwendung dieser Methode fragwürdig. Sofern in solchen Fällen die Zulässigkeit der Konstruktion nicht durch genauere Analyse oder umfassende Erfahrung nachgewiesen wird, muss der Berechnungsdruck verdoppelt werden oder der zulässige Druck der Konstruktion muss halbiert werden.

7.7.3 Auslegung

Für Klöpperböden gilt:

$$V = \log_{10}\left(1000\frac{P}{f}\right) \tag{7.7-3}$$

$$A = \max\,(0{,}5\ ;\ 0{,}264 + 0{,}938V - 0{,}592V^2 + 0{,}14V^3) \tag{7.7-4}$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

$$B = \min\,(4{,}2\ ;\ 4{,}9 - 2{,}165V + 0{,}151V^2) \tag{7.7-5}$$

$$\beta_k = \max\left(A + B\frac{d_i}{D_e}\ ;\ 1 + 0{,}3B\frac{d_i}{D_e}\right) \tag{7.7-6}$$

Für Korbbogenböden gilt:

$$V = \log_{10}\left(1000\frac{P}{f}\right) \tag{7.7-7}$$

$$A = 0{,}54 + 0{,}41V - 0{,}044V^3 \tag{7.7-8}$$

$$B = 7{,}77 - 4{,}53V + 0{,}744V^2 \tag{7.7-9}$$

$$\beta_k = \max\left(A + B\frac{d_i}{D_e}\ ;\ 1 + 0{,}5B\frac{d_i}{D_e}\right) \tag{7.7-10}$$

In Gleichung (7.5-2) und in Bild 7.5-1 muss P durch $P\beta_k$ ersetzt werden, um die erforderliche Dicke zu erhalten. Dieser Ersatz ist vor der Berechnung von β in 7.5.3.5 durchzuführen. Die Gleichungen (7.5-1) und (7.5-3) gelten ohne Änderung weiter.

ANMERKUNG Die Kurven in Bild 7.7-1 und 7.7-2 beruhen auf der vorstehenden Berechnung und geben $\frac{ef}{PR}$ als Funktion von P/f und d_i/D_e an.

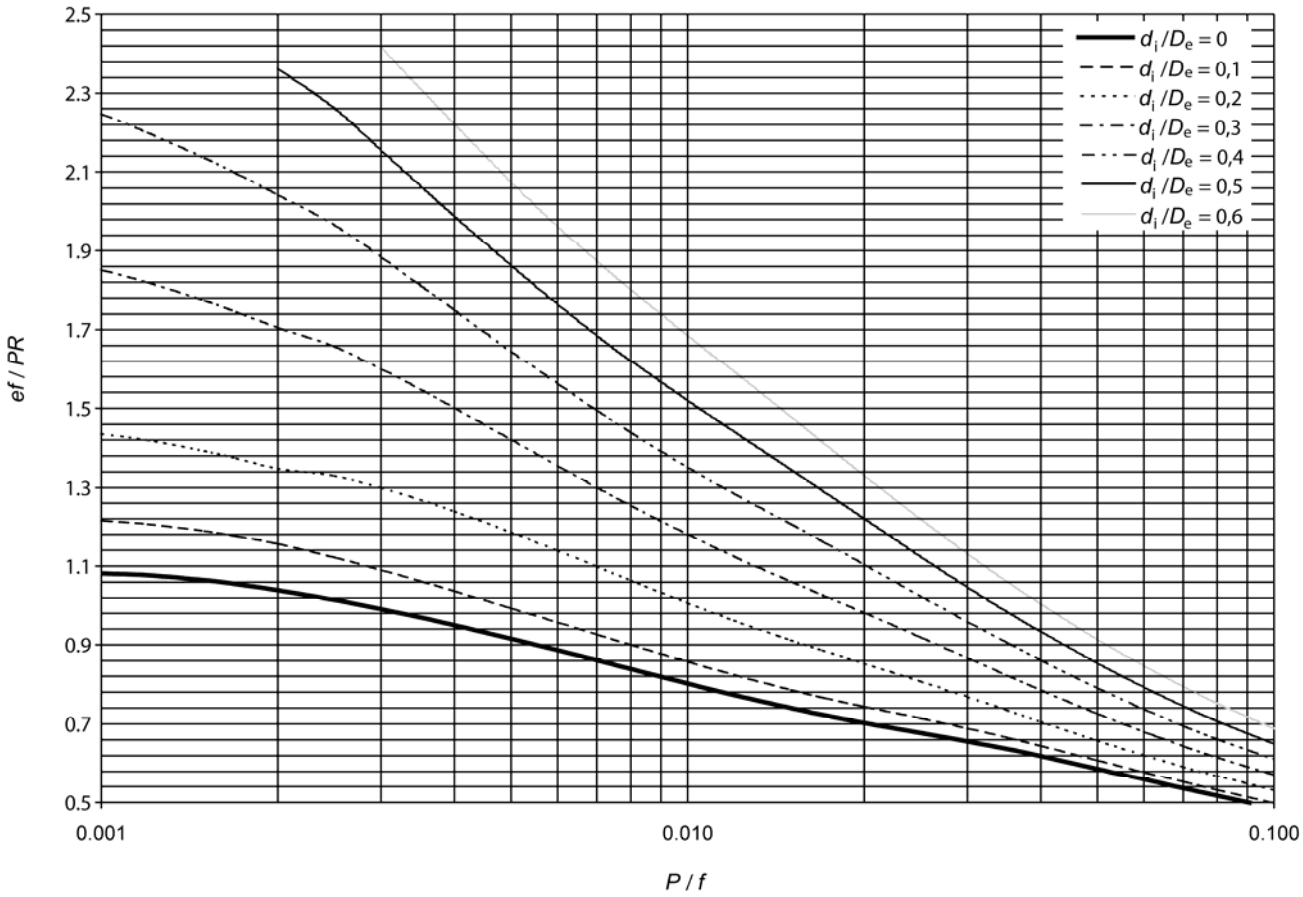


Bild 7.7-1 — Auslegungswerte für Klöpperböden (Verhältnisgrößen)

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

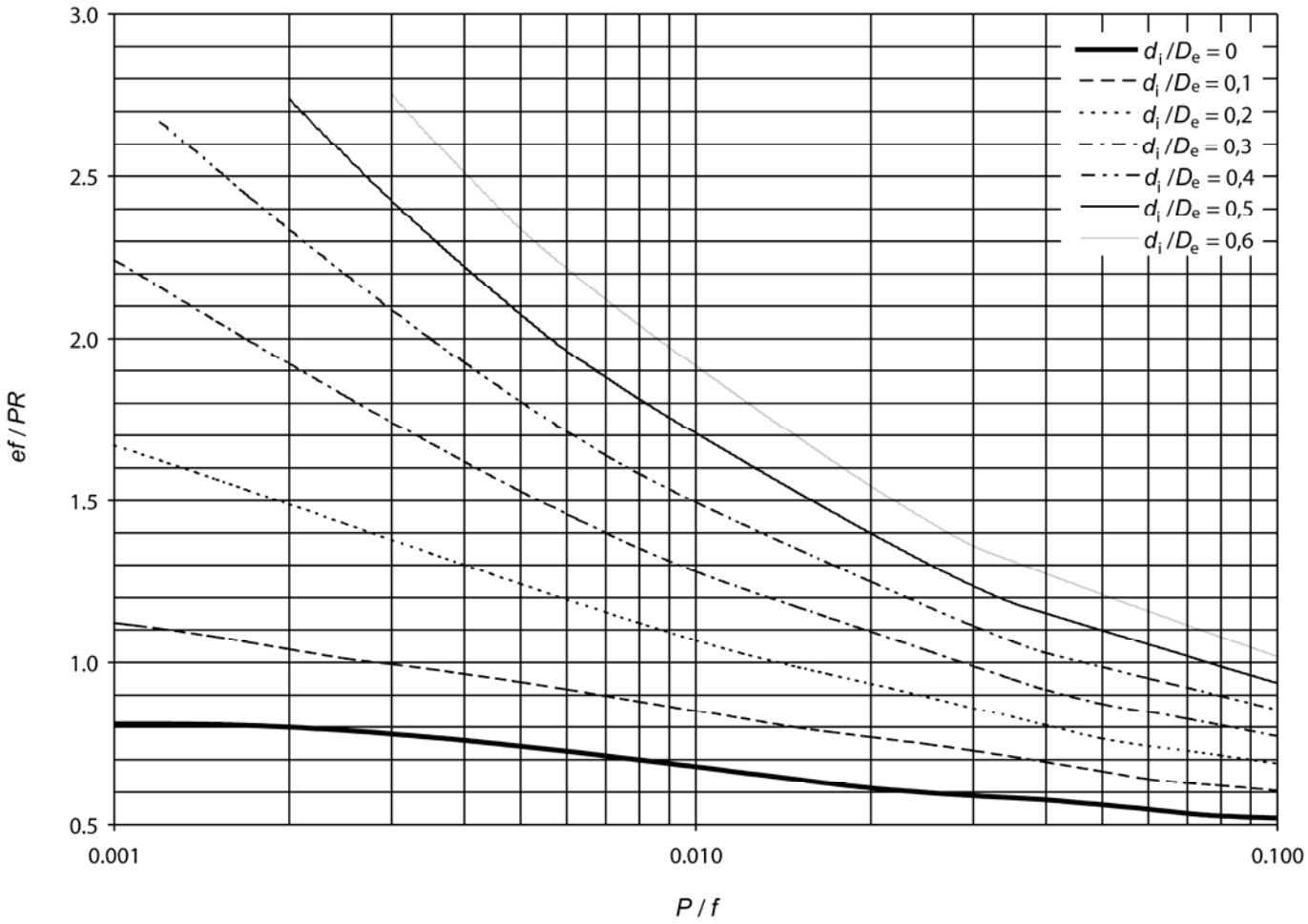


Bild 7.7-2 — Auslegungswerte für Korbbogenböden (Verhältnisgrößen)

7.7.4 Nachrechnung

Der einer gegebenen Geometrie des Behälters entsprechende höchstzulässige Berechnungsdruck kann durch ein numerisches Suchverfahren ermittelt werden. Alternativ kann das nachstehende Verfahren angewandt werden, das zu einer näherungsweise und in jedem Fall konservativen Schätzung von β_k. führt.

Für Klöpperböden gilt:

$$X = \log_{10}\left(1000\frac{e_a}{D_e}\right) \tag{7.7-11}$$

$$A_1 = 1{,}07\ \max(0{,}71 - X\ ;\ 0{,}19X + 0{,}45) \tag{7.7-12}$$

$$B_1 = 1{,}02\left\{\min\left((3+5X);\frac{1}{0{,}241+0{,}116(X-0{,}26)^3}\right)\right\} \tag{7.7-13}$$

$$\beta_k = \max\left(A_1 + B_1\frac{d_i}{D_e};1+0{,}3B_1\frac{d_i}{D_e}\right) \tag{7.7-14}$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

Für Korbbogenböden gilt:

$$X = \log_{10}\left(1000\frac{e_a}{D_e}\right) \tag{7.7-15}$$

$$A_1 = \frac{1}{1{,}136 + 0{,}0053\left(\frac{D_e}{d_i}\right)^{0{,}8}} \tag{7.7-16}$$

$$B_1 = (8{,}87 - 4{,}35X + 0{,}19X^3) \tag{7.7-17}$$

$$\beta_k = \max\left\{(1+0{,}1\frac{d_i}{D_e})\left(A_1 + B_1\frac{d_i}{D_e}\right);(1+1{,}1\frac{d_i}{D_e})\left(1+0{,}5B_1\frac{d_i}{D_e}\right)\right\} \tag{7.7-18}$$

Der Parameter β in Gleichung (7.5-7) ist durch $\beta \cdot \beta_k$ zu ersetzen. Gleichungen (7.5-6) und (7.5-8) Gelten weiterhin unverändert.

7.7.5 Böden mit mehreren Stutzen im Krempenbereich

Die in Abschnitt 9 enthaltenen Anforderungen an Böden mit mehreren Ausschnitten gelten auch für nach diesen Anforderungen berechnete Ausschnitten, bei denen die Stege zwischen benachbarten Stutzen vollständig innerhalb des in Bild 9.5-4 dargestellten zentralen Bereiches des Bodens mit dem Radius 0,4*D*e. Liegt die Verbindungslinie zwischen zwei benachbarten Stutzen nicht vollständig in diesem Mittelbereich, muss die Stegbreite mindestens gleich der Hälfte der Summe der beiden Ausschnittsdurchmesser der Stutzen sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

8 Schalen unter Außendruck

8.1 Zweck

Dieser Abschnitt berücksichtigt die Belastungen von Schalen durch Außendruck. Die Anforderungen gelten für versteifte und unversteifte Zylinder-, Kegel- und Kugelschalen sowie gewölbte Böden.

Die Anforderungen gelten ebenfalls für den Zeitstandbereich, allerdings unter den in Abschnitt 19 angegebenen Bedingungen sowie unter der Annahme, dass die Formabweichung während der Kriechverformung die in EN 13445-4:2009 festgelegten Werte nicht überschreitet.

8.2 Zusätzliche Definitionen

Die folgenden Definitionen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 3.

8.2.1
Zulässige Elastizitätsgrenze
die in diesem Abschnitt für die Auslegung unter Außendruck angewendete Elastizitätsgrenze.

8.2.2
Schwere Versteifung
Versteifungsring, vom Konstrukteur als 'schwere' Versteifung ausgelegt, auf den besondere Anforderungen dieses Abschnitts zur Anwendung kommen

8.2.3
Leichte Versteifung
Versteifungsring, vom Konstrukteur als 'leichte' Versteifung ausgelegt, auf den besondere Anforderungen dieses Abschnitts zur Anwendung kommen.

8.2.4
Versagen zwischen zwei Versteifungen
Versagen des Abschnitts einer Zylinderschale zwischen zwei Versteifungsringen oder zwischen einem Versteifungsring und einem Behälterboden

8.2.5
Gesamtversagen
Versagen des Abschnitts einer Zylinderschale, der durch eine leichte oder schwere Versteifung verstärkt ist

8.2.6
Ebene mit tragender Versteifung
Behälterboden oder Ebene, der/die den Behälter in zwei Teile unterteilt, von denen ein jedes separat in bezug auf den Außendruck behandelt wird

8.2.7
Sicherheitsbeiwert
Verhältniswert des niedrigsten geschätzten Versagensdrucks zum Berechnungsdruck

8.2.8
Seitliche Auslenkung von Versteifungen
Seitliche Verdrehung einer Versteifung um seine Verbindungsstelle mit der Schale

8.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 4.

a Schalenlänge plus Heiz-/Kühlwendel, siehe Bilder 8.5-11 und 8.5-12;

A_e Querschnittsfläche der Versteifung plus mittragende Schalenlänge (siehe Gleichung 8.5-3-30);

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12

A_f Querschnittsfläche des Flansches einer Versteifung;

A_m Modifizierte Querschnittsfläche der Versteifung (siehe Gleichung 8.5.3-17));

A_s Querschnittsfläche der Versteifung;

A_w Querschnittsfläche des Stegs;

B Parameter für die Berechnung des Versagens zwischen zwei Versteifungen (siehe Gleichung (8.5.3-18));

C Beiwert für die Berechnung der seitlichen Auslenkung einer Versteifung (siehe Gleichungen (8.5.3-50) und (8.5.3-51));

CG_s Lage des Flächenschwerpunkts einer Versteifung;

CG_c Lage des Flächenschwerpunkts der Versteifung und der mittragenden Länge der Schale;

$\bar{d}$ Abstand bis zum äußersten Rand der Versteifung (siehe Gleichung (8.5.3-40));

d Steghöhe der Versteifung zwischen Flanschen (siehe Bild 8.5-14, 8.5-15, 8.5-16 und 8.5-17);

e_f Dicke des Flansches einer Versteifung;

e_w Dicke des Stegs einer Versteifung;

G Parameter für die Berechnung des Versagens zwischen zwei Versteifungen (siehe Gleichung (8.5.3-22));

h, h', h'' Äußere Wölbungshöhe von gewölbten Böden (siehe Bild 8.5.1 und 8.5.2);

I_e Flächenträgheitsmoment der kombinierten Querschnittsfläche von Versteifung und die Versteifung unterstützender mittragender Schalenlänge (L_e) um eine zur Zylinderachse parallele Achse durch den Flächenschwerpunkt der kombinierten Querschnittsfläche (siehe Gleichung (8.5.3-26));

I_{est} Geschätztes Flächenträgheitsmoment einer Versteifung;

I_f Flächenträgheitsmoment des Flansches um seinen Flächenschwerpunkt;

I_s Flächenträgheitsmoment der Querschnittsfläche der Versteifung um eine zur Zylinderachse parallele Achse durch den Flächenschwerpunkt;

I_w Flächenträgheitsmoment des Stegs um seinen Flächenschwerpunkt;

L Ungestützte Schalenlänge;

L_{cyl} Zylinderschalenlänge zwischen Tangenten;

L_{con} Axial Länge einer Kegelschale (siehe Bild 8.5-2);

L_e Mittragende Schalenlänge zur Unterstützung einer leichten Versteifung (siehe Gleichung (8.5.3-34));

L_{eH} Mittragende Schalenlänge zur Unterstützung einer schweren Versteifung nach 8.5.3.7;

L_H Abstand zwischen schweren Versteifungen (siehe Tabelle 8.5-1);

L'_H, L''_H, … Längen zwischen schweren Versteifungen (siehe Bild 8.5-7);

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 13445-3:2013-12