DEUTSCHE NORM

Dezember 2012

DIN EN 13445-6

DIN

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 13445-6:2011-12

Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit;
Deutsche Fassung EN 13445-6:2009

Unfired pressure vessels –
Part 6: Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts constructed from spheroidal graphite cast iron;
German version EN 13445-6:2009

Récipients sous pression non soumis à la flamme –
Partie 6: Exigences pour la conception et la fabrication des récipients sous pression et des parties sous pression moulés en fonte à graphite sphéroïdal;
Version allemande EN 13445-6:2009

Gesamtumfang 55 Seiten

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-6:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA im Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Dieser Teil von DIN EN 13445 enthält die zusätzlichen Anforderungen, die an Druckgeräte aus Kugelgraphit gestellt werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13445-6:2002-08, DIN EN 13445-6/A1:2004-08, DIN EN 13445-6/A2:2007-03 und DIN EN 13445-6/A3:2009-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) der Anwendungsbereich wurde geändert;

b) Aktualisierung der normativen Verweisungen;

c) Abschnitt 3 „Begriffe, Einheiten und Kurzzeichen“ wurde ergänzt;

d) Abschnitt 5 „Anforderungen“ wurde ergänzt;

e) Abschnitt 7 „Prüfung und Abnahme“ überarbeitet;

f) Anhang A wurde überarbeitet;

g) Anhang C wurde überarbeitet;

h) Anhang D wurde ergänzt;

i) Anhänge E, F, G und H wurden neu eingefügt.

Gegenüber DIN EN 13445-6:2010-12 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

a) redaktionell überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 13445-6:2011-12 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

a) redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13445-6: 2002-08, 2010-02, 2010-12, 2011-12
DIN EN 13445-6/A1: 2004-08
DIN EN 13445-6/A2: 2007-03
DIN EN 13445-6/A3: 2009-02

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 13445-6

Juli 2009

ICS 23.020.30

Ersatz für EN 13445-6:2002

Deutsche Fassung

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

Unfired pressure vessels —
Part 6: Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts constructed from spheroidal graphite cast iron

Récipients sous pression non soumis à la flamme —
Partie 6: Exigences pour la conception et la fabrication des récipients sous pression et des parties sous pression moulés en fonte à graphite sphéroïdal

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 13445-6:2009 D

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Inhalt

Seite

Vorwort 4

1 Anwendungsbereich 4

2 Normative Verweisungen 5

3 Begriffe, Einheiten und Kurzzeichen 6
3.1 Begriffe 6
3.2 Einheiten 7
3.3 Symbole 7
3.4 Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen 9

4 Betriebsbedingungen 9
4.1 Zyklische Belastung 9
4.2 Begrenzungen für Temperatur und Energiegehalt 10

5 Anforderungen 10
5.1 Werkstoffe 10
5.2 Konstruktion 12
5.2.1 Technische Dokumentation 12
5.2.2 Auslegungsmethoden 12
5.3 Gießen 18
5.3.1 Allgemeines 18
5.3.2 Schweißen 18

6 Werkstoffprüfung 18
6.1 Allgemeines 18
6.2 Häufigkeit und Anzahl der Werkstoffprüfungen 18
6.3 Chemische Analyse 18
6.4 Graphitstruktur 19
6.5 Prüfbescheinigungen 19

7 Prüfung und Endabnahme 19
7.1 Prüfung 19
7.1.1 Allgemeines 19
7.1.2 Prüfanforderungen für C_Q = 0,8 19
7.1.3 Prüfanforderungen für C_Q = 0,9 19
7.1.4 Oberflächenfehler 20
7.1.5 Risse, Schweißgutüberläufe, Kaltschweißung und ungenügend durchgeschweißte Kernstützen 21
7.1.6 Ultraschallprüfung und/oder Zerlegung in Abschnitte 21
7.1.7 Magnetpulverprüfung (nur bei ferritischen Werkstoffsorten) 21
7.1.8 Eindringprüfung 21
7.1.9 Durchstrahlungsprüfung 21
7.1.10 Oberflächenrauheit 22
7.1.11 Mindestwanddicke 22
7.1.12 Wanddickentoleranzen 22
7.1.13 Weitere Maße 22
7.1.14 Qualifikation des Prüfpersonals 22
7.2 Endabnahmeprüfung 22
7.2.1 Allgemeines 22
7.2.2 Wasserdruckprüfung 22

8 Druckbehälter, die aus Teilen aus verschiedenen Werkstoffen zusammengebaut sind 23

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

9 Kennzeichnung und Dokumentation 23
9.1 Kennzeichnung von Gussstücken 23
9.2 Datenschild für den fertigen Druckbehälter 23
9.3 Dokumentation 23

Anhang A (normativ) **Technische Daten für Konstruktionsberechnungen** 24

Anhang B (informativ) **Duktilität** 26

Anhang C (informativ) **Bestimmung der örtlichen Mindest-Wanddicke und des maximal zulässigen Arbeitsdrucks** 27

Anhang D (normativ) **Berechnung der Ermüdungslebensdauer** 28

Anhang E (normativ) **Auslegung der Gussstücke nach Analyseverfahren (DBA)** 41

Anhang F (informativ) **Empfehlungen für die Validierung und Prüfung während des Betriebs** 43

Anhang G (normativ) **Besondere Konstruktionsanforderungen** 45

Anhang H (normativ) **Experimentelle Bestimmung der Ermüdungslebensdauer unter zyklischer Druckbeanspruchung** 47

Anhang Y (informativ) **Entwicklung der EN 13445-6** 51

Anhang ZA (informativ) **Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG** 52

Literaturhinweise 53

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-6:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ 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 dieses Dokumentes ist.

Diese Europäische Norm umfasst folgende 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 13445-6:2002. 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 4 (2012-07) 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.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an Konstruktion, Werkstoffe, Herstellung und Prüfung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus ferritischem oder austenitischem Gusseisen mit Kugelgraphit fest, die für den Betrieb mit einem maximalen zulässigen Druck PS gleich oder kleiner als 100 bar und einer maximalen Wanddicke von 60 mm vorgesehen sind. Die Grenzwerte für die Schalenwanddicke gelten nicht für die Dicke von Flanschen, Verstärkungen, Nocken usw.

Zu den zulässigen Sorten gehören keine ferritischen und austenitischen Gusseisensorten mit Lamellengraphit, die aufgrund ihrer nicht ausreichenden Dehnungs- und Sprödbrucheigenschaften von dieser Europäischen Norm ausdrücklich ausgeschlossen sind, da für sie die Verwendung anderer Sicherheitsbeiwerte und ein anderer Ansatz erforderlich sind.

ANMERKUNG 1 Austenitische Gusseisensorten mit Kugelgraphit werden hauptsächlich für Anwendungsfälle in hohen und niedrigen Temperaturbereichen und aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit eingesetzt.

ANMERKUNG 2 Die zulässigen Gusseisensorten mit Kugelgraphit sind in den Tabellen 3 und 4 aufgelistet. Die Betriebsbedingungen sind in Abschnitt 4 angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

EN 764-5:2002, *Druckgeräte — Teil 5: Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation*

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 1369:1996, *Gießereiwesen — Magnetpulverprüfung*

EN 1370:1996, *Gießereiwesen — Prüfung der Oberflächenrauheit mit Hilfe von Vergleichsmustern*

EN 1371-1:1997, *Gießereiwesen — Eindringprüfung — Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke*

EN 1559-1:1997, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Allgemeines*

EN 1559-3:1997, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Eisengussstücke*

EN 1563:1997, EN 1563:1997/A1:2002, EN 1563:1997/A2:2005, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 12680-3:2003, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 3: Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 12681:2003, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung*

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

EN 13445-3:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

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

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

EN 13835:2002, EN 13835/A1:2006, *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*

EN ISO 945:1994, *Gusseisen — Bestimmung der Mikrostruktur von Grafit* (ISO 945:1975)

EN ISO 8062-1:2007, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile — Teil 1: Begriffe* (ISO 8026-1:2007)

EN ISO 8062-3:2007, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile — Teil 3: Allgemeine Maß-, Form- und Lagetoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussstücke* (ISO 8062-3:2007)

3 Begriffe, Einheiten und Kurzzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils der Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1.1
kritischer Bereich
hoch beanspruchter Bereich, in dem bei der Berstprüfung ein Bruch oder Ermüdungsrissbildung an der Oberfläche aufgrund von Druckschwankungen zu erwarten ist

ANMERKUNG 1 Kritische Bereiche können z. B. durch Folgendes verursacht werden:

— plötzliche Querschnittsänderung;

— scharfe Kanten;

— scharf angesetzte Radien;

— Höchstbeanspruchungen;

— Biegespannungen;

— Spannungen, außer Membranspannungen;

— Rundungsänderungen.

ANMERKUNG 2 Ein kritischer Bereich wird mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens bestimmt, z. B. durch holographische Interferometrie, Dehnungsmessverfahren, Berstprüfung, Ermüdungsprüfung, FEM-Analyse usw.

ANMERKUNG 3 Zudem sind Temperaturunterschiede und thermische Beanspruchungen infolge von unterschiedlichen Betriebs-Wandtemperaturen bei der Bestimmung der kritischen Bereiche zu berücksichtigen.

3.1.2
Besteller
Person oder Organisation, die ein Druckgerät, einschließlich der Baugruppen oder Teile, zur eigenen Verwendung oder im Namen des Anwenders und/oder Betreibers kauft

3.1.3
Hersteller
Person oder Organisation, die die Verantwortung für Konstruktion, Herstellung, Prüfung sowie gegebenenfalls die Aufstellung von Druckgeräten und Baugruppen trägt

ANMERKUNG 1 Der Hersteller darf unter Beibehaltung seiner Verantwortlichkeit eine oder mehrere der vorgenannten Aufgaben an einen Unterauftragnehmer vergeben.

ANMERKUNG 2 In den EU-Mitgliedsstaaten trägt der Hersteller die Verantwortung für die Übereinstimmung mit der Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EU. Für Hersteller, die nicht der EU angehören, übernehmen deren in der EU niedergelassene Bevollmächtigte diese Verantwortung

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

3.1.4
Gussstück-Hersteller
Unterauftragnehmer, der die für die Herstellung des Druckgerätes verwendeten Gussstücke anfertigt

3.1.5
Prüffaktor
Abminderungsbeiwert für die zulässige Spannung zur Berücksichtigung möglicher Herstellfehler

3.1.6
Temperaturfaktor
Abminderungsfaktor für die 0,2 % Dehngrenze zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

3.1.7
Wanddickenfaktor
Abminderungsfaktor für die zulässige Spannung zur Berücksichtigung verminderter mechanischer Eigenschaften

3.1.8
ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit
Gusswerkstoff mit überwiegend ferritischer Matrix auf der Basis Eisen und Kohlenstoff (der Kohlenstoff ist hauptsächlich in Form von kugeligen Graphitpartikeln vorhanden)

3.1.9
austenitisches Gusseisen mit Kugelgraphit
Gusswerkstoff mit austenitischer Matrix auf der Basis Eisen-Kohlenstoff und mit Nickel, Mangan, Kupfer und/oder Chrom zur Stabilisierung des austenitischen Gefüges bei Raumtemperatur legiert

3.2 Einheiten

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 764-2:2002 festgelegten Einheiten.

3.3 Symbole

Die in dieser Europäischen Norm verwendeten Symbole sind in Tabelle 3.3-1 aufgeführt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Tabelle 3.3-1 — Symbole

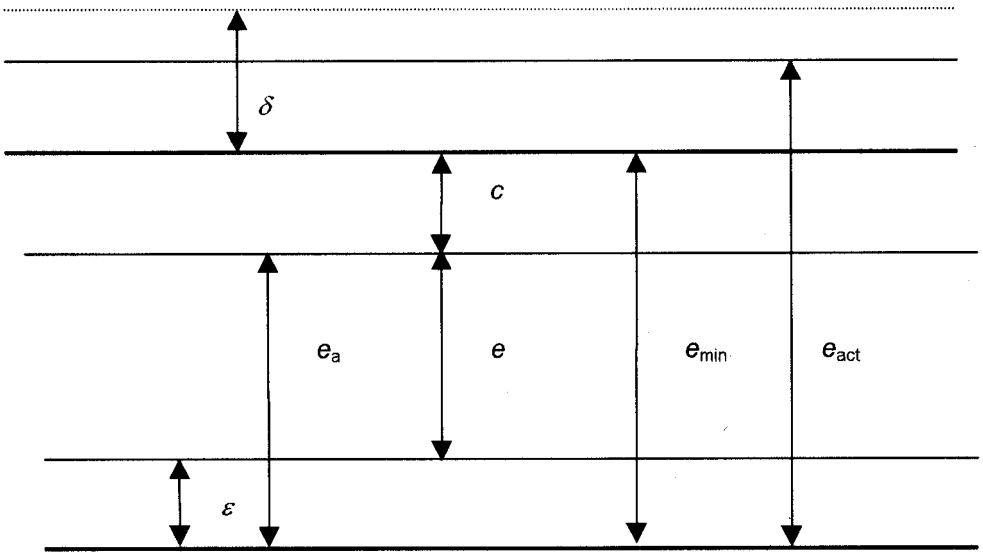
Symbol	Größe	Einheit
c	Korrosionszuschlag	mm
e	erforderliche Wanddicke	mm
e_a	Berechnungswanddicke	mm
e_{act}	tatsächliche Wanddicke	mm
e_{min}	Mindest-Wanddicke nach Zeichnungsangabe	mm
E	Elastizitätsmodul	MPa
f	Berechnungsnennspannung	MPa
F	Ermüdungsfaktor für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 99,8 %	_
$P_{b,\,act}$	tatsächlicher Druck bei der Berstprüfung	MPa [a]
P_b	geforderter Mindestdruck bei der Berstprüfung	MPa [a]
P_d	Auslegungsdruck	MPa [a]
PS, P_S	maximal zulässiger Druck	MPa [a]
PT, P_t	Prüfdruck	MPa [a]
RM	Festigkeitskennwert für den Werkstoff	MPa
$R_{p0,2}$	0,2-%-Dehngrenze	MPa
R_m	Zugfestigkeit	MPa
$R_{m(3)}$	durchschnittliche Zugfestigkeit von drei Probestäben aus dem gleichen Los oder dem gleichen Guss	MPa
TS_{min}, TS_{max}	minimale/maximale zulässige Temperatur	°C
T	Berechnungstemperatur	°C
V	Innenvolumen des Druckbehälters	l
C_e	Wanddickenfaktor	_
C_T	Temperaturfaktor	_
C_Q	Prüffaktor	_
n	Faktor in Abhängigkeit von der Form des Mantels	_
f_e	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Wanddicke	_
f_m	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Mittelspannung	_
f_s	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Oberflächenbeschaffenheit	_
S	Sicherheitsbeiwert	_
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert	_
δ	Gusstoleranz	mm
ε	zusätzliche Dicke aufgrund des Gießverfahrens	mm
ν	Querkontraktionszahl	_

[a] Die Einheit MPa ist nur für Berechnungszwecke zulässig; ansonsten ist die Einheit bar zu verwenden (1 MPa = 10 bar)

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

3.4 Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen



Legende

e	erforderliche Wanddicke
e_a	Analysendicke
e_{min}	Mindest-Wanddicke einschließlich Korrosionszuschlag nach Zeichnungsangabe
e_{act}	tatsächliche Wanddicke
c	Korrosionszuschlag
ε	zusätzliche Dicke auf Grund des Gießverfahrens
δ	Gusstoleranz

Bild 3.4-1 — Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen

4 Betriebsbedingungen

4.1 Zyklische Belastung

Druckbehälter und Druckbehälterteile aus Gusseisen mit Kugelgraphit können im zyklischen Betrieb eingesetzt werden, wenn der Spannungsfaktor auf 3 begrenzt ist. Liegt die errechnete Anzahl der Lastwechsel dicht bei einem in Tabelle 4.1-1 angegebenen Grenzwert, durch den die Forderung nach einer Analyse des Ermüdungsverhaltens bestimmt wird, ist für diesen Zweck der schlimmste Fall zu erfassen.

Falls zu erwarten ist, dass unter Betriebsbedingungen die in Tabelle 4.1-1 festgelegte Anzahl vollständiger Drucklastwechsel oder eine gleichwertige Anzahl von Lastwechseln mit geringerer Amplitude überschritten wird, muss eine Analyse des Ermüdungsverhaltens nach Anhang D durchgeführt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Tabelle 4.1-1 — Anzahl der vollständigen Lastwechsel zur Berücksichtigung der zyklischen Belastung

Prüffaktor	Maximale Anzahl der vollständigen Lastwechsel ohne verbindlich vorgeschriebene Analyse des Ermüdungsverhaltens nach Anhang D	
C_Q = 0,9	1 000	
C_Q = 0,8	40 000	2,5 < Spannungsfaktor ≤ 3
	200 000	Spannungsfaktor ≤ 2,5

ANMERKUNG 1 Ein Prüffaktor von 0,9 beinhaltet die Aufbringung höherer Berechnungsnennspannungen und ergibt folglich eine niedrigere maximale Anzahl vollständiger Druckwechsel ohne verbindlich vorgeschriebene Analyse des Ermüdungsverhaltens.

ANMERKUNG 2 Ein Spannungsfaktor (Verhältnis Spannungsspitze zu Ermüdungsspannung) über 3, ermittelt nach einem der in 5.2 angegebenen Verfahren, kann sich aufgrund einer unsachgemäßen Auslegung ergeben. Durch eine Vergrößerung von Radien oder anderen kleinen Änderungen kann eine annehmbare Auslegung erreicht werden.

Für Drucklastwechsel bei einer Druckdifferenz ΔP_i, die unter dem vollen Druck liegt, ergibt sich die Anzahl der äquivalenten vollständigen Lastwechsel durch die Gleichung (4.1-1):

$$n_{\mathrm{eq}} = \sum_{i=1}^{i=N} n_{\mathrm{i}} \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{P_{\mathrm{max}}} \right)^{8,6} \qquad (4.1\text{-}1)$$

Dabei ist

N die Gesamtanzahl der vorgesehenen Druckwechsel mit unterschiedlicher Amplitude;

n_i die Anzahl der Drucklastwechsel mit Amplitude ΔP;

ΔP_i die Amplitude des Drucklastwechsels;

P_{max} der maximal zulässige Druck nach EN 13445-3:2009, 3.15.

4.2 Begrenzungen für Temperatur und Energiegehalt

Die niedrigste zulässige Temperatur TS_{min} und die höchste zulässige Temperatur TS_{max} müssen den in den Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 angegebenen Grenzwerten entsprechen.

Das Produkt aus $PS \cdot V$ für ein einzelnes Gussstück darf 100 000 bar·L nicht überschreiten.

5 Anforderungen

5.1 Werkstoffe

Alle Gusseisensorten mit Kugelgraphit, die einem inneren oder äußeren Druck ausgesetzt sind, müssen bei ferritischem Gusseisen der Norm EN 1563 und bei austenitischem Gusseisen der Norm EN 13835 entsprechen.

Die in Tabelle 5.1-1 enthaltenen ferritischen Werkstoffsorten sind für Anwendungsfälle mit einer zulässigen Mindesttemperatur höher als oder gleich –10 °C einzusetzen.

Die in Tabelle 5.1-2 aufgeführten Werkstoffe sind für Auslegungsbedingungen bei niedrigen oder hohen Temperaturen bestimmt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Tabelle 5.1-1 — Zulässige Werkstoffsorten für übliche Auslegungstemperaturen (–10 °C bis 300 °C)

Werkstoffnorm	Werkstoffbezeichnung[b]		Auslegungstemperatur-grenzen °C
	Symbol	Nummer	
EN 1563	EN-GJS-350-22	EN-JS1010	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-350-22-RT	EN-JS1014	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-350-22 U[a]	EN-JS1032	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-350-22U-RT[a]	EN-JS1029	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18	EN-JS1020	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18-RT	EN-JS1024	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18U[a]	EN-JS1062	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18U-RT[a]	EN-JS1059	$-10 \leq TS \leq 300$

[a] Mechanische Eigenschaften, die an Proben aus angegossenen Probestücken geprüft wurden. Diese Sorten sollten gegenüber den Werkstoffsorten mit getrennt gegossenen Probestücken vorgezogen werden, wenn die Masse des Einzelgussstücks gleich oder größer als 2 000 kg ist oder wenn die jeweilige Wanddicke zwischen 30 mm und 200 mm variiert.

Die in den Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 aufgeführten Werkstoffsorten können als Rohguss oder mit Wärmebehandlung hergestellt werden (siehe EN 1563:1997, Abschnitt 6).

[b] Sind die in diesen Tabellen festgelegten Werkstoffe nicht verfügbar, dürfen andere geeignete Werkstoffe verwendet werden, wenn die technische Dokumentation mit den Angaben über die Werkstoffeigenschaften entsprechend den Anforderungen für die Europäische Werkstoffzulassung (EAM) oder für Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) anerkannt wurde.

Tabelle 5.1-2 — Zulässige Werkstoffsorten für Auslegungsbedingungen bei niedrigen oder hohen Temperaturen

Werkstoffnorm	Werkstoffbezeichnung[b]		Auslegungstemperatur-grenzen °C
	Symbol	Nummer	
EN 1563	EN-GJS-350-22-LT	EN-JS1015	$-40 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-350-22U-LT[a]	EN-JS1019	$-40 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18-LT	EN-JS1025	$-20 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18U-LT[a]	EN-JS1049	$-20 \leq TS \leq 300$
EN 13835	EN-GJSA-XNiMn23-4	EN-JS3021	$-196 \leq TS \leq 300$
	EN-GJSA-XNi22	EN-JS3041	$-40 \leq TS \leq 540$
	EN-GJSA-XNiMn13-7	EN-JS3071	$-40 \leq TS \leq 300$

[a] Mechanische Eigenschaften, die an Proben aus angegossenen Probestücken geprüft wurden. Diese Sorten sollten gegenüber den Werkstoffsorten mit getrennt gegossenen Probestücken vorgezogen werden, wenn die Masse des Einzelgussstücks gleich oder größer als 2 000 kg ist oder wenn die jeweilige Wanddicke zwischen 30 mm und 200 mm variiert.

Die in den Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 aufgeführten Werkstoffsorten können als Rohguss oder mit Wärmebehandlung hergestellt werden (siehe EN 1563:1997, Abschnitt 6 und EN 13835:2002, Abschnitt 6).

[b] Sind die in diesen Tabellen festgelegten Werkstoffe nicht verfügbar, dürfen andere geeignete Werkstoffe verwendet werden, wenn die technische Dokumentation mit den Angaben über die Werkstoffeigenschaften entsprechend den Anforderungen für die Europäische Werkstoffzulassung (EAM) oder für Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) anerkannt wurde.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

Für die Werkstoffsorten EN-GJS-350-22-LT oder EN-GJS-350-22U-LT sind Auslegungstemperaturen bis – 60 °C zulässig. Bei Anwendungen zwischen (– 40 ± 2) °C und (– 60 ± 2) °C muss der Kerbschlagbiegeversuch bei der niedrigsten Auslegungstemperatur folgende Werte liefern:

— als Mittelwert aus drei Prüfungen: 12 J für e_{act} ≤ 60 mm;

— 10 J für 60 mm ≤ e_{act} ≤ 200 mm;

— als Einzelwert: 9 J für e_{act} ≤ 60 mm und 7 J für 60 mm ≤ e_{act} ≤ 200 mm.

Die geltenden Anforderungen an die Lieferbedingungen, die in EN 1559-1:1997 und EN 1559-3:1997 enthalten sind, müssen ebenfalls eingehalten werden.

ANMERKUNG Diese Norm gilt nicht für Werkstoffe, die im Zeitstandbereich eingesetzt werden, da die Spannungsschwingbreiten auf das elastische Verhalten begrenzt sind.

5.2 Konstruktion

5.2.1 Technische Dokumentation

Der Hersteller muss vor Beginn der Fertigung die in EN 13445-5:2009, Abschnitt 5 festgelegte Dokumentation erstellen.

5.2.2 Auslegungsmethoden

5.2.2.1 Allgemeines

5.2.2.1.1 Prinzip

Die zu berücksichtigenden Belastungen müssen EN 13445-3:2009, Abschnitt 5 entsprechen.

Die in Abschnitt 4 angegebenen Betriebsbedingungen müssen berücksichtigt werden.

Die Auslegungsmethoden müssen dieser Europäischen Norm sowie, wo zutreffend, den jeweiligen Abschnitten in EN 13445-3:2009 entsprechen.

Wenn durch die Form der Bauteile oder die Belastungen keine genauen Berechnungen nach den in EN 13445-3:2009 und Anhang G angegebenen Gleichungen möglich sind, ist für die Auslegung ein Analyseverfahren (DBA) (siehe Anhang E) oder ein experimentelles Verfahren (DBE) anzuwenden.

In Abhängigkeit von der komplexen Ausführung des drucktragenden Teils, den Belastungsbedingungen und dem Umfang der zerstörungsfreien Prüfung kann der Konstrukteur eines der nachstehend angegebenen Auslegungsverfahren auswählen. Zur Korrelation zwischen Sicherheitsbeiwert, Prüffaktor und dem Verfahren zur Berücksichtigung der dynamischen Belastung (siehe Tabelle 5.2-1) werden allgemeine Hinweise gegeben.

5.2.2.1.2 Statische Belastung

Für die Auslegung des Bauteils im Hinblick auf die statische Belastung kann der Konstrukteur die nachfolgenden Möglichkeiten berücksichtigen.

5.2.2.1.3 Auslegung nach Gleichungen (DBF)

Gleichungen für die Berechnung der verschiedenen Bauteile des drucktragenden Teils sind in EN 13445-3:2009 und Anhang G angegeben. Anhang G enthält zusätzliche Gleichungen für nicht genormte Formteile, die bei Gusskonstruktionen häufig verwendet werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

5.2.2.1.4 Auslegung nach Analyseverfahren (DBA)

Folgendes gilt:

1) Es ist zu entscheiden, ob nach dem direkten Verfahren (Grenzlast — EN 13445-3:2009, Anhang B) oder der Spannungs-Kategorisierung (EN 13445-3:2009, Anhang C) vorgegangen wird. Ferner ist zu entscheiden, ob der lineare oder der nichtlineare Ansatz gewählt wird.

2) Die Ableitung von Modellen und die Interpretation der Berechnungsergebnisse muss auf der Grundlage der Berechnungswanddicken e_a und der Werkstoffeigenschaften bei Betriebstemperatur erfolgen.

3) Interpretation von Berechnungsergebnissen unter Berücksichtigung der Bewertungsverfahren und-kriterien zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit der tatsächlichen Konstruktion. Diese Konstruktionsprüfungen und die damit verbundenen Verfahren sind für die zu berücksichtigende Versagensart charakteristisch. Verschiedene Versagensarten, siehe EN 13445-3:2009.

5.2.2.1.5 Experimentelles Verfahren (DBE)

Wenn die Auslegung nach Gleichungen nach EN 13445-3:2009 aufgrund der komplexen Form des Bauteils als nicht zuverlässig gilt, muss zur Bestimmung der Berechnungswanddicke e_a und der Mindestwanddicke e_{min} eine hydraulische Berstprüfung nach dem in 5.2.2.1.6 festgelegten Verfahren durchgeführt werden. Diese Berstprüfung ist auch Teil der technischen Dokumentation.

Dieses Auslegungsverfahren darf auch ohne zusätzliche Berechnungen verwendet werden, wenn $P_d \cdot V$ < 6 000 bar·L ist.

Gilt für den vollständigen Behälter $P_d \cdot V$ > 6 000 bar·L, kann dieses Verfahren zusätzlich zum DBA oder DBF angewendet werden.

Die erforderliche Mindestwanddicke an einer bestimmten Stelle ergibt sich aus:

$$e_a = e_{act} \cdot \left(\frac{S \cdot PS \cdot R_{m(3)}}{P_{b,act} \cdot R_{p0,2} \cdot C_Q \cdot C_T \cdot C_e} \right)^{1/n} \qquad (5\text{-}1)$$

$$e_{min} \geq e_a + c \qquad (5\text{-}2)$$

Dabei ist

e_{act} die gemessene Mindestwanddicke an der jeweiligen Messstelle;

$R_{p0,2}$ nach Anhang A;

$P_{b,\,act}$ der tatsächlich erreichte Druck bei der Berstprüfung oder der höchste Prüfdruck;

n = 1 für gekrümmte Flächen (Zylinder, Kugeln) oder Kegel mit Winkeln $\alpha \leq 60°$, verankerte Flächen und beanspruchte Teile, wenn die Biegespannung weniger als 2/3 der Gesamtspannung beträgt;

n = 2 für alle andere Flächen.

5.2.2.1.6 Bestimmung des hydraulischen Berstdrucks und des maximal zulässigen Drucks bei statischer Belastung

Ein Probestück ist nach dem Zufallsprinzip aus der Produktion des Behälters oder des Behälterteils entweder für die Berstprüfung oder zur Bestimmung der maximal zulässigen Arbeitsbedingungen zu entnehmen. Das Verfahren ist wie folgt durchzuführen:

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

1) Es muss sichergestellt werden, dass das zu prüfende Teil oder der Behälter nach den Festlegungen in der Zeichnung und allen zugehörigen Änderungen gegossen ist. Es muss Werkstoff der gleichen Art und Sorte wie bei der Herstellung der tatsächlich zu fertigenden Teile verwendet werden.

2) Es muss sichergestellt werden, dass der Behälter oder das Behälterteil mit den gleichen Maßen gefertigt werden wie bei der Herstellung der tatsächlich zu fertigenden Teile.

3) Es muss sichergestellt werden, dass die Werkstoffeigenschaften die Anforderungen in 5.1 erfüllen. Für jedes Gussstück für die Berstprüfung müssen drei Proben für den Zugversuch und, falls zutreffend, für den Kerbschlagbiegeversuch getrennt gegossen und geprüft werden. Die Ergebnisse und die errechnete durchschnittliche Zugfestigkeit müssen nach 6.5 bescheinigt werden.

4) Die Wanddicken des gesamten Gussstückes sind zu messen (mindestens eine Messung je 100 mm · 100 mm). Die Ergebnisse müssen auf dem Gussstück an der Messstelle oder auf der Zeichnung angegeben werden.

5) Es muss sichergestellt werden, dass ein kalibriertes Druckmessgerät verwendet wird; maximale Abweichungen müssen mindestens der Klasse 1 nach EN 837-1 und EN 837-3 entsprechen oder darunterliegen. Die Skale des Druckmessgeräts muss etwa 4/3 des zu erwartenden Berstdrucks umfassen.

6) Der Druck muss kontrolliert erhöht werden, bis der erforderliche Mindest-Berstdruck erreicht ist:

$$P_b \geq PS \cdot \frac{R_{m(3)}}{f} \left(\frac{e_{act}}{e_{min} - c} \right)^n \qquad (5\text{-}3)$$

Die Druckerhöhung muss weiterhin so lange überwacht werden, bis ein Bruch eintritt. Der Berstdruck $P_{b,act}$, Daten der Berstprüfung, die Werkstoffspezifikation, genaue Angaben über den Werkstoff, Bauteil-Nummer und die an der Bruchstelle gemessene Wanddicke e_{act} sind aufzuzeichnen. Eine Beziehung zum tatsächlichen Berstdruck $P_{b,act}$, der wegen einer besseren Spannungsverteilung höher als P_b sein kann, und zum maximal zulässigen Druck PS, kann nach Umformung von Gleichung 5.3 abgeleitet werden, wobei P_b durch $P_{b,act}$ ersetzt wird:

$$PS \leq P_{b,act} \cdot \frac{f}{R_{m(3)}} \cdot \left(\frac{e_{min} - c}{e_{act}} \right)^n \qquad (5\text{-}4)$$

7) Erfüllt ein Behälterteil eine dieser Anforderungen nicht, kann ein zweites identisches Bauteil aus der Fertigung dem gleichen Prüfverfahren unterzogen werden. Erfüllt dieses zweite Teil die Prüfanforderungen, kann dieses Teil nach Untersuchung der Versagensursachen des ersten Teils angenommen werden. Erfüllt dieses zweite identische Teil die Prüfanforderungen nicht, gilt die Konstruktion des Teils als nicht den Festlegungen entsprechend.

8) Während der Berstprüfung sind Leckagen und mangelnde Dichtheit zwischen Teilen mit Flansch- oder Schraubverbindung oder Teilen mit dazwischen liegenden Dichtungen zulässig, solange der Druck P_b während der Prüfung erreicht werden kann. Dichtungen dürfen während der Berstprüfung brechen und Dichtungseigenschaften so abgeändert werden, dass die Flanschbelastungsmerkmale nicht wesentlich verändert werden, solange ihre Auslegung den Konstruktionsrichtlinien nach EN 13445-3:2009 für den zu erwartenden maximal zulässigen Druck P_S entspricht.

9) Ausschließlich für die Prüfung ist es zulässig, für die Verschraubung eine höhere Klasse zu wählen als in den zu verwendenden Konstruktionsunterlagen verlangt wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12

10) Werden Flanschverbindungen, bezogen auf die erforderliche Mindestdicke, den erforderlichen Mindest-Schraubenquerschnitt und die Form, nach den Anforderungen in EN 13445-3:2009 ausgelegt, ist es zum Erreichen des Berstprüfdrucks zulässig, zusätzlich zu der für die Fertigung festgelegten Anzahl Schrauben weitere Schrauben einzusetzen.

11) Die Berstprüfung oder eine hydraulische Prüfung dürfen nicht mit einer Klemmvorrichtung auf einer hydraulischen Presse durchgeführt werden, die der Biegespannung des Mantels entgegenwirken kann und somit die Spielfreiheit der unter Druck stehenden Behälterwand aufhebt.

5.2.2.1.7 Dynamische Belastung

Liegt die Anzahl der Drucklastwechsel über der vollen Schwingbreite bzw. die Anzahl der äquivalenten Drucklastwechsel nach Gleichung (4.1-1) über der Anzahl der Drucklastwechsel über der vollen Schwingbreite bei statischer Belastung nach Tabelle 4.4-1, ist eine Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (Ermüdungslebensdauer) der vollständigen Konstruktion durchzuführen. Um das Bauteil auf dynamische Belastung auszulegen, kann der Konstrukteur nach folgenden Möglichkeiten verfahren.

5.2.2.1.8 Vereinfachte Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (SFA)

Eine vereinfachte Berechnung der Ermüdungsfestigkeit ergibt einen Wert für die maximal zulässige Anzahl äquivalenter Druckschwankungen unter Betriebsbedingungen. Die Berechnung muss nach Anhang D erfolgen. Ein maximaler Spannungsfaktor von 3 wird angenommen, außer für nach Tabelle D.1A begrenzte Konstruktionselemente, für die Werte ≤ 3 eingesetzt werden können.

ANMERKUNG Diese Tabelle D.1A kann auch für andere metallische Gussstücke als aus Kugelgraphitguss (z. B. Stahlguss, Aluminiumguss usw.) verwendet werden.

5.2.2.1.9 Ausführliche Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (DFA)

Eine ausführliche Berechnung der Ermüdungsfestigkeit ergibt einen Wert für die maximal zulässige Anzahl der äquivalenten Druckschwankungen unter Verwendung ausführlicher Spannungsanalysen unter Betriebsbedingungen. Die Berechnung muss nach Anhang D erfolgen.

5.2.2.1.10 Experimentelle Berechnung der Ermüdungslebensdauer (EFA)

Dieses in Anhang H beschriebene Verfahren ist anzuwenden, wenn eine theoretische Spannungsanalyse nicht ausreichend ist bzw. für die Konstruktionsberechnung unnormal niedrige Lebensdauerwerte ergibt und somit auf einen zu konservativen theoretischen Ansatz hinweist.

Eine Bewertung eines Bauteils mittels experimenteller Ermüdungsberechnung ist nicht erforderlich, wenn ein gleiches Bauteil bereits einer solchen Berechnung unterzogen wurde und die Daten verfügbar und auf die Neukonstruktion übertragbar sind.

Die Dauerschwingbeanspruchung muss EN 13445-3:2009, 5.3 entsprechen.

Bei diesem Verfahren werden übermäßig große Wanddicken des Werkstoffs, der Auskleidungen und aller Werkstoffe, die nicht zur Festigkeit beitragen, nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG Bei Behältern mit $P_d \cdot V \geq 6000$ bar·L darf das experimentelle Verfahren zusätzlich für die ausführliche Ermüdungsauslegung angewendet werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 13445-6:2012-12