DIN EN 12952-3:2023-01 (D)

Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten - Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Kesselteile; Deutsche Fassung EN 12952-3:2022

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 7

1 Anwendungsbereich 9

2 Normative Verweisungen 9

3 Begriffe 10

4 Symbole und Abkürzungen 10

5 Allgemeines 10
5.1 Zweck 10
5.2 Abmessungen von drucktragenden Teilen 10
5.3 Festigkeit von drucktragenden Teilen 11
5.4 Auslegung nach Analyseverfahren 11
5.5 Wechselbeanspruchung 12
5.6 Weitere Konstruktionsanforderungen 13
5.6.1 Allgemeines 13
5.6.2 Befahren 13
5.6.3 Entleerung und Entlüftung 13
5.7 Auslegungs-, Berechnungs- und Prüfdrücke 13
5.7.1 Auslegungsdruck 13
5.7.2 Berechnungsdruck 14
5.7.3 Berechnungsdruck für Druckdifferenzen 14
5.7.4 Wasserdruckprüfung 14
5.8 Werkstoffabtrag 16
5.8.1 Innerer Abtrag 16
5.8.2 Äußerer Abtrag 16
5.8.3 Anforderungen 16
5.8.4 Spannungsrisskorrosion 16
5.8.5 Mechanische Anforderungen 17
5.9 Befestigungen an drucktragenden Teilen 17
5.9.1 Lasttragende Befestigungen 17
5.9.2 Nicht lasttragende Befestigungen 17

6 Berechnungstemperatur und zulässige Spannung 17
6.1 Berechnungstemperatur 17
6.1.1 Allgemeines 17
6.1.2 Umlaufkessel 18
6.1.3 Durchlaufkessel, Überhitzer und Zwischenüberhitzer 18
6.1.4 Heißwassererzeuger 18
6.1.5 Temperaturzuschläge für unbeheizte Bauteile 18
6.1.6 Sammler 19
6.1.7 Unbeheizte Bauteile 19
6.1.8 Gegen Strahlung geschützte Bauteile 19
6.1.9 Konvektionsbeheizte Bauteile 19
6.1.10 Durch Strahlung beheizte Bauteile 20
6.2 Maximale Temperaturdifferenz über die Wanddicke und maximale Rauchgastemperatur für beheizte Trommeln und Sammler 22
6.2.1 Maximale Temperaturdifferenz über die Wanddicke 22
6.2.2 Maximale Rauchgastemperatur für Sammler 22

6.2.3 Zulässige Abweichungen ... 22
6.3 Zulässige Spannung ... 22
6.3.1 Allgemeines ... 22
6.3.2 Walz- und Schmiedestähle ... 23
6.3.3 Austenitische Stähle ... 24
6.3.4 Unlegierter und niedrig legierter Stahlguss ... 24
6.3.5 Gusseisen mit Kugelgraphit ... 25
6.3.6 Zulässige Spannung für Schweißnähte unter Kriechbedingungen ... 25
6.3.7 Zulässige Spannung bei Prüfdruck ... 25

7 Zylindrische Mäntel von Trommeln und Sammlern unter Innendruck ... 26
7.1 Mantelwanddicke ... 26
7.1.1 Anforderungen ... 26
7.1.2 Erforderliche Wanddicke mit Zuschlägen ... 26
7.2 Grundlegende Berechnung ... 26
7.2.1 Erforderliche Wanddicke ohne Zuschläge ... 26
7.2.2 Unterschiedliche Wanddicken ... 27
7.2.3 Fertigungstoleranzen ... 27
7.3 Kombinierte Spannungen in Trommel- oder Sammlermänteln ... 27
7.3.1 Allgemeines ... 27
7.3.2 Spannungen infolge Belastungen in Längsrichtung ... 27
7.3.3 Biegespannung in Längsrichtung ... 28
7.3.4 Bewertung der Stegspannung von Schrägteilungen in Trommeln ... 29
7.4 Auflagerungen von Kesseltrommeln ... 31
7.5 Andere Spannungen in zylindrischen Mänteln ... 31

8 Ausschnitte und Abzweige in zylindrischen Mänteln von Trommeln, Sammlern sowie eingebauten Rohrleitungen ... 31
8.1 Allgemeines ... 31
8.1.1 Anforderungen an Grundkörper mit Verschwächung durch Ausschnitte und Abzweige ... 31
8.1.2 Mittragende Längen für die Berechnung der Verschwächungsbeiwerte von Bauteilen ... 37
8.1.3 Bedingungen für Einzelabzweige ... 38
8.1.4 Anforderungen an die Auslegung der Abzweige ... 38
8.1.5 Anforderungen an die Auslegung von Verstärkungsscheiben ... 39
8.2 Verschwächungsbeiwert, Berechnung durch Näherung und größter Durchmesser unverstärkter Ausschnitte ... 39
8.2.1 Allgemeines ... 39
8.2.2 Zulässiger Verschwächungsbeiwert und größter Durchmesser eines unverstärkten Ausschnitts ... 40
8.2.3 Einzelausschnitte ... 40
8.2.4 Benachbarte Ausschnitte ... 43
8.3 Berechnung von Ausschnitten und Abzweigen in zylindrischen Mänteln (Verschwächungsbeiwert und Verstärkung) ... 43
8.3.1 Symbole und Abkürzungen ... 43
8.3.2 Anforderungen an die Anwendung ... 44
8.3.3 Auslegung von Einzelausschnitten und Einzelabzweigen ... 49
8.3.4 Auslegung von benachbarten Ausschnitten und Abzweigen ... 52
8.4 Schraubenverbindungen ... 53
8.4.1 Allgemeines ... 53
8.4.2 Symbole und Abkürzungen ... 54
8.4.3 Berechnung des Schraubendurchmessers ... 55
8.4.4 Berechnung der Schraubenkraft ... 56
8.4.5 Berechnungstemperatur t_C ... 58
8.4.6 Festigkeitskennwert K ... 59
8.4.7 Sicherheitsbeiwert S ... 59
8.4.8 Qualitätsbeiwert q ... 60
8.5 Einschraub- und Einschweißverbindungen ... 60
8.5.1 Einschraubverbindungen im Mantel ... 60
8.5.2 Schraubmuffenverbindungen ... 60

8.5.3 Schweißmuffenverbindungen ... 61

9 Sammler und glatte Rohre mit rechteckigem Querschnitt ... 62
9.1 Allgemeines ... 62
9.2 Symbole und Abkürzungen ... 64
9.3 Erforderliche Wanddicke ... 65
9.3.1 Allgemeines ... 65
9.3.2 Mindestwanddicke an der Mitte einer Seitenwand ... 66
9.3.3 Mindestwanddicke an den Ecken ... 66
9.3.4 Mindestwanddicke an einer Lochreihe ... 66
9.3.5 Mindestwanddicke bei versetzten Lochanordnungen (diagonale Teilung) ... 67
9.3.6 Mindestwanddicke bei Einzelausschnitten ... 67

10 Böden und Kugelschalen ... 68
10.1 Symbole und Abkürzungen ... 68
10.2 Kugelschalen und gewölbte Böden ... 68
10.2.1 Allgemeines ... 68
10.2.2 Berechnungsgleichungen ... 69
10.2.3 Ausschnitte in gewölbten Böden und Kugelschalen ... 73
10.3 Unverankerte ebene Böden ... 77
10.3.1 Allgemeines ... 77
10.3.2 Wanddicke von runden, unverankerten, ebenen Böden ... 80
10.3.3 Wanddicke von nicht kreisförmigen und rechteckigen, unverankerten, ebenen Böden ... 80
10.4 Ebene unverankerte Verschlüsse ... 83

11 Rohre ... 85
11.1 Symbole und Abkürzungen ... 85
11.2 Wanddicke von geraden Kesselrohren ... 86
11.2.1 Erforderliche Wanddicke mit Zuschlägen ... 86
11.2.2 Erforderliche Wanddicke ohne Zuschläge ... 86
11.2.3 Mindestwanddicke ... 87
11.2.4 Rohre mit stumpfgeschweißter Rundnaht ... 87
11.3 Wanddicke von Rohrbiegungen und Rohrbögen ... 88
11.3.1 Allgemeines ... 88
11.3.2 Erforderliche Wanddicke mit Zuschlägen ... 88
11.3.3 Erforderliche Wanddicke ohne Zuschläge ... 88
11.3.4 Unrundheit an Rohrbögen ... 89
11.4 Elastizität von eingebauten Rohrleitungssystemen ... 89
11.4.1 Allgemeines ... 89
11.4.2 Analyse ... 89
11.5 Halterungen an Rohren ... 90
11.5.1 Allgemeines ... 90
11.5.2 Anschweißteile an Rohrbögen ... 92
11.5.3 Länge von Anschweißteilen ... 92
11.5.4 Zulässige Beanspruchung bei Radiallast ... 92
11.5.5 Berechnung der Beanspruchung bei Radiallast ... 92
11.5.6 Schweißnahtfestigkeit ... 94
11.6 Anschlüsse und Verbindungen von beheizten Rohren ... 95
11.6.1 Rohranschlüsse ... 95
11.6.2 Verbindungen von beheizten Rohren ... 95
11.7 Verbindungen von nicht beheizten Rohren ... 95
11.7.1 Allgemeines ... 95
11.7.2 Flansche und Schrauben ... 95
11.7.3 Stumpfschweißverbindungen ... 95
11.7.4 Einschraub- oder eingeschraubte und dichtgeschweißte Verbindungen ... 95
11.8 Genormte Formstücke ... 96

12 Druckteile mit unregelmäßiger Form ... 96
12.1 Wasserdruckprüfung zur Bestimmung des zulässigen Innendrucks ... 96
12.1.1 Allgemeines ... 96

12.1.2 Belastungsversuch zum Erreichen von Verformung ... 96
12.1.3 Belastungsversuch bis zum Bruch ... 97
12.2 Numerische Verfahren ... 98
12.2.1 Allgemeines ... 98
12.2.2 Verfahren ... 98
12.2.3 Spannungsbewertung ... 98

13 Ermüdung ... 98
13.1 Allgemeines ... 98
13.1.1 Durchführung ... 98
13.1.2 Ermüdungsbeanspruchung ... 99
13.1.3 Berechnung von wechselnden Spannungen ... 99
13.1.4 Ermüdungsbewertung ... 99
13.2 Symbole und Abkürzungen ... 100
13.3 Ausnahmeregel für die Ermüdungsanalyse ... 101
13.3.1 Allgemeines ... 101
13.3.2 Werkstoffe ... 102
13.3.3 Belastungen ... 102
13.3.4 Temperaturdifferenzen infolge von Betriebsänderungen ... 103
13.4 Spannungsanalyse für die Ermüdungsberechnung ... 109
13.4.1 Hauptspannungen und äquivalente Spannungen ... 109
13.4.2 Temperatur eines Lastwechsels ... 109
13.4.3 Schutz der Magnetitschicht ... 110
13.4.4 Zulässige Spannungsschwingbreite am Lochrand an der Innenfläche einer Bohrung ... 110
13.4.5 Umfangsspannung durch Druck an der Innenfläche einer Bohrung ... 110
13.4.6 Spannungen am Abzweig durch äußere Kräfte und Momente ... 111
13.4.7 Wärmespannungen ... 111
13.4.8 Oberer und unterer Grenzwert für die Umfangsspannung an der Innenfläche einer Bohrung ... 112
13.4.9 Zulässige Temperaturdifferenzen über die Wanddicke ... 117
13.4.10 Zulässige Temperaturgefälle ... 117
13.4.11 Bauteile mit schrägen und/oder nicht radial angeordneten Abzweigen ... 117
13.5 Berechnungsbeispiele ... 117

Anhang A (normativ) Berechnung von Rohrbiegungen und Rohrbögen ... 123
A.1 Allgemeines ... 123
A.2 Symbole und Abkürzungen ... 123
A.3 Berechnung ... 124
A.3.1 Erforderliche Wanddicke ... 124
A.3.2 Berechnung der Wanddicke ... 124
A.3.3 Berechnung der Spannung ... 126

Anhang B (normativ) Ermüdungsrissbildung — Berechnung zur Berücksichtigung wechselnder Spannungen ... 133
B.1 Allgemeines ... 133
B.2 Bedingungen ... 133
B.3 Symbole und Abkürzungen ... 134
B.4 Spannungsschwingbreite und Mittelspannung bei einachsiger und mehrachsiger wechselnder Spannung ... 135
B.4.1 Allgemeines ... 135
B.4.2 Einachsiger Spannungszustand ... 135
B.4.3 Mehrachsiger Spannungszustand mit konstanten Hauptspannungsrichtungen ... 136
B.5 Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des Einflusses von Oberflächenbearbeitung und Schweißnähten ... 138
B.6 Maßgebende Spannungsschwingbreite ... 146
B.6.1 Allgemeines ... 146
B.6.2 Korrekturfaktor ... 146
B.7 Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastwechselzahl ... 147

Anhang C (informativ) Beispiele zur Berechnung der Auswirkungen von Ermüdung ... 149

C.1 Allgemeines ... 149
C.2 Berechnung der zulässigen Lastspielzahl ... 149
C.3 Berechnung des zulässigen Temperaturgefälles ... 152

Anhang D (informativ) Physikalische Kennwerte von Stählen ... 156
D.1 Allgemeines ... 156
D.2 Symbole und Abkürzungen ... 156
D.3 Physikalische Eigenschaften ... 156
D.3.1 Dichte ... 156
D.3.2 Differentieller linearer Wärmeausdehnungskoeffizient ... 156
D.3.3 Wärmekapazität ... 157
D.3.4 Wärmeleitzahl ... 157
D.3.5 Querkontraktionszahl ... 157
D.4 Physikalische Kennwerte von Stählen ... 157
D.4.1 Datenblatt (Tabellen) ... 157
D.4.2 Diagramme ... 159
D.4.3 Polynome ... 163

Anhang E (informativ) Berücksichtigung des äußeren Abtrags durch Rauchgaseinwirkung ... 166
E.1 Allgemeines ... 166
E.2 Symbole und Abkürzungen ... 166
E.3 Wanddicke von geraden Rohren nach Abschnitt 11 ... 166
E.3.1 Erforderliche Wanddicke mit Zuschlag ... 166
E.3.2 Erforderliche Wanddicke ohne Zuschläge ... 166
E.3.3 Rohre mit stumpfgeschweißter Rundnaht ... 167
E.4 Wanddicke von Rohrbiegungen und Rohrbögen nach Abschnitt 11 ... 167
E.4.1 Erforderliche Wanddicke mit Zuschlag ... 167
E.4.2 Erforderliche Wanddicke ohne Zuschläge ... 167
E.5 Wanddicke von Rohrbiegungen und Rohrbögen nach Anhang A ... 167

Anhang F (informativ) Wesentliche technische Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorherigen Ausgabe ... 168

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräterichtlinie) ... 169

Literaturhinweise ... 171