

DIN EN 448



ICS 23.040.40

Ersatz für
DIN EN 448:2003-05

**Fernwärmerohre –
Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte
Fernwärmenetze –
Verbundformstücke, bestehend aus Stahl-Mediumrohr,
Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen;
Deutsche Fassung EN 448:2009**

District heating pipes –
Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks –
Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing
of polyethylene;
German version EN 448:2009

Tuyaux de chauffage urbain –
Systèmes bloqués de tuyaux préisolés pour des réseaux d'eau chaude enterrés
directement –
Raccords préisolés pour tubes de service en acier, isolation thermique en polyuréthane et
tube de protection en polyéthylène;
Version allemande EN 448:2009

Gesamtumfang 38 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 448:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS (Dänemark) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist NA 041-01-12 AA „Werkmäßig gedämmte Mantelrohre für Fernwärme (SpA CEN/TC 107)“ im Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen werden im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 2859-2 siehe DIN ISO 2859-2

Änderungen

Gegenüber DIN EN 448:2003-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich in Bezug auf die Formstücke wurde um Einmalkompensatoren erweitert;
- b) Definitionen für Kappen, Formstücke, warmverformte Rohrbögen, im Induktionsverfahren gefertigte Rohrbögen, das Induktionsbiegen, die Nenngroße sowie für Einmalkompensatoren und Überwachungssysteme wurden aufgenommen;
- c) Abschnitt 4 „Anforderungen“ wurde umfangreich modifiziert;
- d) in Abschnitt 5 „Prüfverfahren“ wurde die Dichtheitsprüfung der Mantelrohr-Formstücke gestrichen, eine Verweisung auf die Prüfung des Überwachungssystems hinzugefügt, und der Abschnitt „Radiographische Prüfung von Stumpfschweißnähten“ in „Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißungen“ geändert;
- e) in Abschnitt 6 „Kennzeichnung“ wurde den für die Verbund-Formstücke geforderten Kennzeichnungen die „Art des Treibmittels“ hinzugefügt;
- f) die Tabelle 1 „Prüfung der Stahlteile“ von Anhang A „Überwachungs- und Prüfrichtlinien“ wurde ergänzt, und Tabelle 2 „Prüfung der Polyethylen-Ummantelung, des Polyurethans und des Verbund-Formstückes“ wurde geändert;
- g) die Verweisungen wurden an den aktuellen Stand angepasst;
- h) die Norm wurde an die aktuell geltenden Gestaltungsregeln angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 448: 1994-12, 2003-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2859-2, *Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) — Nach der zurückzuweisenden Qualitätsgrenzlage (LQ) geordnete Stichprobenanweisungen für die Prüfung einzelner Lose anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten*

Deutsche Fassung

**Fernwärmerohre —
Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt
erdverlegte Fernwärmenetze —
Verbundformstücke, bestehend aus Stahl-Mediumrohr,
Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus
Polyethylen**

District heating pipes —
Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot
water networks —
Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane
thermal insulation and outer casing of polyethylene

Tuyaux de chauffage urbain —
Systèmes bloqués de tuyaux préisolés pour des réseaux
d'eau chaude enterrés directement —
Raccords préisolés pour tubes de service en acier, isolation
thermique en polyuréthane et tube de protection en
polyéthylène

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. Januar 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 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, 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

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	7
4 Anforderungen	9
4.1 Stahlteile	9
4.1.1 Qualität.....	9
4.1.2 Wanddicke und Durchmesser	9
4.1.3 Bögen.....	10
4.1.4 T-Stücke.....	11
4.1.5 Reduzierstücke	12
4.1.6 Festpunktelemente	12
4.1.7 Einmalkompensatoren	12
4.1.8 Kappen.....	12
4.1.9 Schmelzschweißen von Stahlformstücken.....	12
4.1.10 Oberflächenbeschaffenheit	15
4.2 Ummantelung.....	15
4.3 Polyurethan-Hartschaumstoffdämmung (PUR).....	15
4.4 Verbund-Formstücke.....	16
4.4.1 Formstückenden	16
4.4.2 Winkel zwischen Ummantelungssegmenten der Bögen und Mindestlänge	16
4.4.3 Anforderungen an Polyethylen-Schweißungen.....	17
4.4.4 Dichtheit des geschweißten Mantelrohres.....	19
4.4.5 Durchmesser und Wanddicke der Ummantelung	20
4.4.6 Mindestdämmdicke in den Bögen.....	20
4.4.7 Toleranzen bei den Hauptmaßen der Formstücke	20
4.5 Überwachungssystem.....	20
5 Prüfverfahren	21
5.1 Allgemeines	21
5.2 Probekörper.....	21
5.3 Stahlteile	21
5.3.1 Sichtprüfung der Oberfläche von Schweißnähten	21
5.3.2 Dichtheitsprüfung mit Wasser.....	21
5.3.3 Dichtheitsprüfung mit Luft.....	21
5.3.4 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten	22
5.3.5 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißungen	22
5.4 Ummantelung.....	22
5.5 Polyurethan-Hartschaumstoffdämmung (PUR).....	22
5.6 Verbund-Formstücke.....	22
5.6.1 Koaxialitätsabweichung und Winkelabweichung.....	22
5.6.2 Sichtprüfung der Schweißungen an Mantelrohren	22
5.6.3 Biegeprüfung.....	22
5.6.4 Geringste Dämmdicke	23
5.7 Überwachungssystem.....	24
6 Kennzeichnung	24
6.1 Allgemeines	24
6.2 Stahl-Mediumrohr	24
6.3 Ummantelung.....	24
6.4 Verbund-Formstücke.....	24
6.5 Einmalkompensatoren	25

Anhang A (informativ) Überwachungs- und Prüfrichtlinien	26
A.1 Allgemeines	26
A.2 Typprüfung des Herstellers	26
A.3 Qualitätskontrolle durch den Hersteller	26
A.4 Außerbetriebliche Prüfungen	26
A.5 Umfang der Prüfung	26
A.6 Verantwortung des Herstellers	26
Anhang B (informativ) Verfahren für das Schweißen von Polyethylen	30
B.1 Allgemeines	30
B.2 Empfehlungen für den Arbeitsort, die Maschine und die Einrichtung	30
B.3 Schweißgegenstände	30
B.4 Stumpfschmelzschweißen	31
B.4.1 Einrichtung	31
B.4.2 Schweißvorgang	32
B.5 Extrusionsschweißen	32
B.5.1 Ausrüstung	32
B.5.2 Schweißdurchführung	33
Anhang C (informativ) Die wichtigsten Änderungen gegenüber EN 448:2003	34
Literaturhinweise	36

Vorwort

Dieses Dokument (EN 448:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 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 ersetzt EN 448:2003.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber EN 448:2003 sind im informativen Anhang C aufgeführt.

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

Einleitung

Die erste Ausgabe von EN 448 wurde 1994 bestätigt. Im Jahr 2003 wurde eine vollständig überarbeitete Norm veröffentlicht. Die Hauptgebiete der aktuellen Überarbeitung sind in Anhang C aufgeführt.

Der Hauptgrund für die Erarbeitung des Norm-Entwurfs EN 448:2009 ist der Abgleich mit EN 13941 und anderen einschlägigen aktuellen Europäischen Normen.

Für Informationen zur erwarteten thermischen Mindestlebensdauer bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen unter Berücksichtigung der Haltbarkeit des PUR-Schaumstoffs siehe EN 253:2009, Anhang B.

Die anderen Normen des CEN/TC 107 sind:

EN 253, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 488, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Absperrarmaturen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 489, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Vorgeämmte Rohrverbindungen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 13941, *Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für Fernwärme*

EN 14419, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme*

EN 15632, (alle Teile) *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme*

EN 15698-1, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 1: Verbund-Doppelrohrsystem bestehend aus zwei Stahl-Mediumrohren, Polyethylen-Wärmedämmung und einem Außenmantel aus Polyethylen*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an und Prüfverfahren für Formstücke von werkmäßig wärmegeprägten Verbundmantelrohren für erdverlegte Fernwärmenetze fest, die aus einem Stahlformstück als Mediumformstück von DN 20 bis DN 1200 mit Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff und einer Ummantelung aus Polyethylen nach EN 253 bestehen.

Diese Europäische Norm behandelt folgende Formstücke: Bogenstücke, T-Stücke, Reduzierstücke, Einmal-Kompensatoren und Festpunktelemente.

Diese Europäische Norm gilt nur für gedämmte Verbundsysteme und Einmal-Kompensatoren für den Dauerbetrieb mit Warmwasser bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen nach EN 253:2009, Abschnitt 1.

Diese Europäische Norm gilt für Formstücke, die für einen Druck von mindestens 16 bar (Überdruck) nach EN 13941 ausgelegt sind.

Richtlinien zur Qualitätsprüfung sind in Anhang A dieser Norm angegeben.

Verfahren für das PE-Schweißen sind in Anhang B dieser Norm angegeben.

ANMERKUNG Diese Norm enthält keine Regeln für die Berechnung von Druck- und Zugbelastungen.

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 253:2009, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 489:2009, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Rohrverbindungen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

EN 1289, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*

EN 1291, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*

EN 10253-2:2007, *Formstücke zum Einschweißen — Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*

EN 12517-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Teil 1: Bewertung von Schweißverbindungen in Stahl, Nickel, Titan und ihren Legierungen mit Durchstrahlung — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 12814-1, *Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen — Teil 1: Biegeversuch*

EN 13941, *Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für Fernwärme*

EN 14419:2009, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohre für erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme*

EN 14870-1, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Im Induktionsverfahren gefertigte Rohrbögen, Fittings und Flansche für Rohrleitungs-Transportsysteme — Teil 1: Im Induktionsverfahren gefertigte Rohrbögen (ISO 15590-1:2001, modifiziert)*

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten*

EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen (ISO 8501-1:2007)*

EN ISO 9692-1:2003, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen (ISO 9692-1:2003)*

EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln*

ISO 17636, *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing of fusion-welded joints*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 253:2009 und die folgenden Begriffe.

3.1

Festpunktelement

Stahlkonstruktion, die dazu dient, die Belastung in axialer Richtung vom Stahl-Mediumrohr über die Dämmung und Ummantelung auf einen Fixpunkt zu übertragen

3.2

Biegewinkel

α

Ablenkung in Richtung der Stahlrohr-Mittelachsen

3.3

stumpfgeschweißter Bogen

Bogen, der entweder durch Warmbiegen von Stahlrohren oder durch Warmverformung von Stahlplatten, die anschließend zusammengeschweißt werden, hergestellt wird

3.4

kaltverformter Bogen

Bogen, der durch Kaltverformen von Stahlrohren hergestellt wird

3.5

Kappe

stumpfgeschweißtes, nicht werkmäßig gedämmtes Formstück, das an das Ende eines Rohrs oder Rohrelements angeschweißt wird

3.6

Formstück

Rohrelement

3.7

geschmiedetes T-Stück

T-Stück, das durch Warmverformen entweder von Stahlrohren oder von Stahlplatten, die anschließend zusammengesweißt werden, hergestellt wird

3.8

warmverformter Bogen

Bogen, der durch Erwärmen des Rohrs während der Biegung hergestellt wird

3.9

im Induktionsverfahren gefertigter Bogen

Bogen, der durch Induktionsbiegen hergestellt wird

3.10

Induktionsbiegen

kontinuierlicher Biegeprozess, bei dem eine Induktionsheizung dazu verwendet wird, ein schmales, umlaufendes erwärmtes Band um das zu biegende Material zu legen

3.11

Nennmaß

DN
numerisch metrische Bezeichnung der Größe, die Rohrleitungssystembauteilen einer bestimmten Größe gemein ist

3.12

Rohrelement

Reduzierstück, T-Stück, werkmäßig hergestellter Krümmer oder Bogen, Flansch, Kappe, Vorschweißende, mechanisches Verbindungsstück

3.13

Reduzierstück

stumpfgeschweißtes Formstück, das zwischen zwei Stahlrohre verschiedener Durchmesser geschweißt wird

3.14

Einmalkompensatoren

ein Einmalkompensator mit Einzeldehnung verfügt über Einrichtungen zur Aufnahme der Ausdehnung im Rohrleitungssystem, wenn dieses erstmalig erwärmt wird

ANMERKUNG Durch Verblockung der Ausdehnungseinrichtung (durch Verschweißen) werden weitere Ausdehnungen im Rohrsystem als Zug- und Druckspannungen aufgenommen. Einmalkompensatoren werden nicht werkmäßig gedämmt.

3.15

Überwachungssystem

System, das aus Messstrecken und Messgeräten zur Überwachung von Rohrsystemen nach EN 14419 besteht

3.16

geschweißtes T-Stück

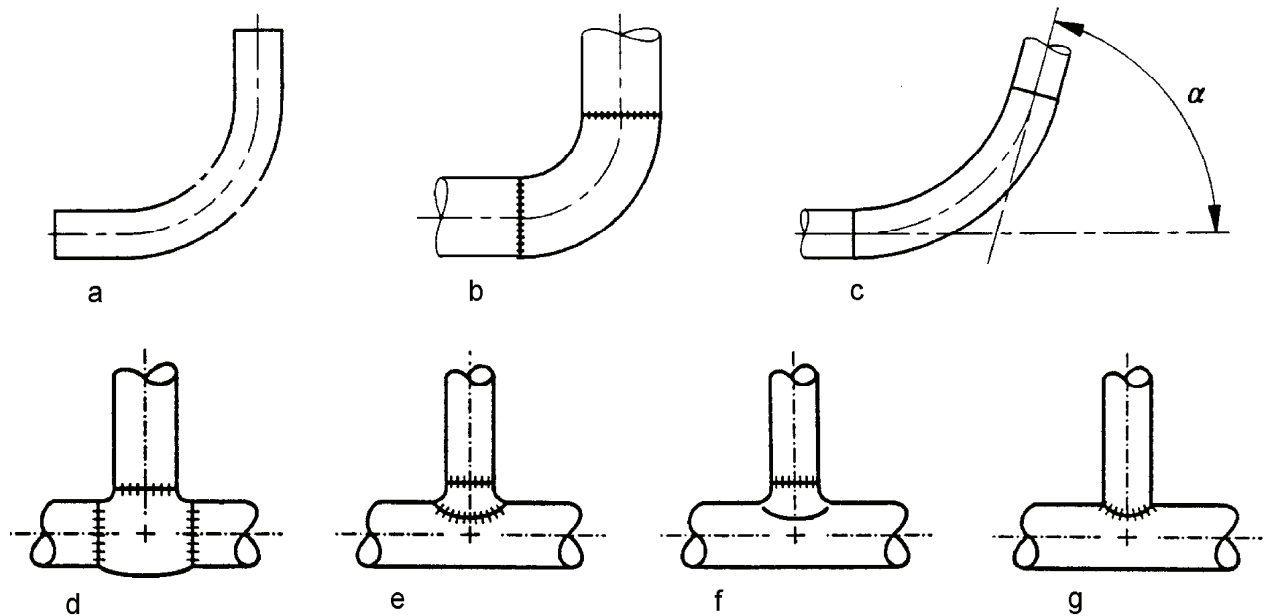
stumpfgeschweißtes Formstück, das durch Zusammenschweißen von Stahlrohren mit oder ohne Verwendung eines Schweißsattels oder eines gezogenen Kragens auf dem Hauptrohr hergestellt wird

3.17

Schweißsattel

stumpfgeschweißtes Formstück, das für die Schweißverbindung zwischen Hauptrohr und Abzweig in einem T-Stück in das Hauptrohr eingeschweißt wird

ANMERKUNG Bild 1 zeigt Beispiele für Formstücke.



Legende

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| a | Kalt- oder warmverformte Bögen | e | T-Stück mit Schweißsattel |
| b | Stumpfgeschweißte Rohrbögen | f | T-Stück mit gezogenem Kragen |
| c | Biegewinkel, α | g | Geschweißtes T-Stück (aufgesetzt) |
| d | Geschmiedetes T-Stück | | |

Bild 1 — Beispiele

4 Anforderungen

4.1 Stahlteile

4.1.1 Qualität

Die Qualität des für die Verbindung von Formstücken verwendeten Rohrwerkstoffs muss EN 253:2009, Tabelle 1, entsprechen. Die Qualität von stumpfgeschweißten Rohrformstücken muss EN 10253-2 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die Stahlsorte P235GH, auf die in EN 253 Bezug genommen wird, ist am ähnlichsten den Werkstoffen P235GH und P235TR2, auf die in EN 10253-2 verwiesen wird.

ANMERKUNG 2 In Schweden ist EN 253:2009, Tabelle 1, nicht in dieser Weise anwendbar (siehe A-Abweichung in EN 253:2009, Anhang G).

4.1.2 Wanddicke und Durchmesser

Nach dem Anwendungsbereich der vorliegenden Norm müssen alle Bauteile für einen Druck von mindestens 16 bar ausgelegt sein.

ANMERKUNG Verbundsysteme für Drücke höhere als 16 bar, werden gesonderte Berechnungen erforderlich.

Die Mindest-Nennwanddicke aller Bauteile muss vor der Bearbeitung mindestens die gleiche sein wie die der geraden Rohre.

Der Nenndurchmesser, der Außendurchmesser und die Mindest-Nennwanddicke müssen den für gerade Rohre in EN 253:2009, Tabelle 2, angegebenen Werten entsprechen. Die Toleranzen des Außendurchmessers an den Rohrenden müssen den in EN 253:2009, Tabelle 3, angegebenen Werten entsprechen.

Je nach Rohrnetzauslegung dürfen andere als die in EN 253:2009, Tabelle 2, angegebenen Wanddicken verwendet werden, jedoch dürfen sie in keinem Fall kleiner als die in von EN 253:2009, Tabelle 2, angegebenen Mindestwerte sein.

Alle Bauteile müssen nach EN 13941 für die Belastungen und Beanspruchungen ausgelegt sein, denen das System üblicherweise im Verlauf seiner gesamten Lebensdauer ausgesetzt ist.

4.1.3 Bögen

4.1.3.1 Stumpfgeschweißte Bögen

Die Maße müssen EN 10253-2 mit der Ausnahme entsprechen, dass der Krümmungsradius größer oder gleich dem 1,5fachen des Außendurchmessers sein muss.

4.1.3.2 Kaltverformte Bögen

Kaltverformte Bögen sind aus nahtlosen oder längsgeschweißten Rohren herzustellen. Bei kaltverformten Bögen aus längsgeschweißten Rohren muss die Schweißwulst auf den Faktor $V = 1$ (Berechnungsspannung = 100 %) geschweißt werden.

Nach dem Biegen darf die Mindestwanddicke des gebogenen Rohres nicht weniger als 85 % der Nennwanddicke des geraden Rohres betragen (siehe EN 253:2009, Tabelle 2).

Die maximale Unrundheit der gebogenen Fläche darf 6 % nicht überschreiten.

Die Formel für die Berechnung der Unrundheit lautet:

$$o = \frac{(D_{s\max} - D_{s\min})}{D_s} \times 100 \quad (1)$$

Dabei ist

- o die Unrundheit, in %;
- $D_{s\max}$ der größte Außendurchmesser;
- $D_{s\min}$ der kleinste Außendurchmesser im gleichen Querschnitt in der Biegezone;
- D_s der festgelegte Außendurchmesser.

Auf der gebogenen Fläche darf keine Faltenbildung auftreten. Wellen können zulässig sein, wenn die größte Höhe zwischen Wellental und Wellenberg 25 % der Nennwanddicke des gebogenen Rohres nicht überschreitet.