

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

تلفن: ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلاممیز)

تلفن: ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹



مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران



استاندارد ملی ایران

INSO

22156-3

1st Edition

2018

**Modification of
EN12953-3:2016**

Iranian National Standardization Organization

۲۲۱۵۶-۳

چاپ اول

۱۳۹۷

**دیگ‌های بخار و آب داغ از نوع پوسته‌ای -
قسمت ۳: طراحی و محاسبات اجزای
تحت فشار**

**Shell boilers -
Part 3:
Design and calculation for pressure parts**

ICS: 27.060.30; 27.100

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: (۰۲۶) ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸

دورنگار: (۰۲۶) ۳۲۸۰۸۱۱۴

رایانمۀ: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بهموجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهً صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای واسنجی و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3 - International Organization for Legal Metrology (Organization Internationale de Métrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

دیگ‌های بخار و آب داغ از نوع پوسته‌ای- قسمت ۳: طراحی و محاسبات اجزای تحت فشار

سمت و / یا محل اشتغال:

رئیس:

رئیس- انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

ادب آوازه، عبدالوهاب

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

دبیر:

مدیرعامل- شرکت بازرگانی آزما گستر نیما

کریم، حسن

(کارشناسی مهندسی متالورژی)

اعضا: (سامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس بازرگانی- شرکت ناظرکاران

ابو، وحید

(کارشناسی مهندسی متالورژی)

مدیر مهندسی- شرکت تاشا

اسماعیلزاده، محمد

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت شوفاژ کار

حق پرست، محمدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

معاون دفتر نظارت بر اجرای استاندارد معیار مصرف انرژی-

خوشحال، هادی

سازمان ملی استاندارد ایران

(کارشناسی مهندسی شیمی)

مدیر تضمین کیفیت- شرکت مهندسین مشاور ناظران یکتا

خیام، افشین

(کارشناسی مهندسی صنایع)

مدیرعامل- شرکت ناظرکاران

سری، جلیل

(دکتری مهندسی مکانیک)

مدیر مهندسی - شرکت پاکمن

شارع فام، مهیار

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

مدیرعامل- شرکت آستا

صالحی، امید

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

دبیر- انجمن صنعت تأسیسات

طباطبایی، سید مجتبی

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

کارشناس- اداره کل نظارت بر اجرای استاندارد صنایع فلزی

عادل فر، راضیه

(کارشناس ارشد مهندسی متالورژی)

سمت و/یا محل اشتغال:

اعضا: (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

مدیر اطمینان مرغوبیت - شرکت ماشینسازی اراک

عزیزمرادی، محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

رئیس بازرگانی دیگ- شرکت بازرگانی کیفیت استاندارد ایران

فراهانی، علی

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

مدیرعامل گروه تولیدی دیگ‌های بخار- شرکت ماشینسازی اراک

لوانی، بابک

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

کارشناس بازرگانی- آزمایشگاه نیما

معتقدی، کیانا

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

کارشناس- اداره کل استاندارد استان تهران

معزی، محمدماحسان

(کارشناسی مهندسی متالورژی)

ویراستار:

رئیس- انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

ادب آوازه، عبدالوهاب

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ک	پیش‌گفتار
ل	مقدمه
۱	هدف و دامنه کاربرد ۱
۱	مراجع الزامی ۲
۲	اصطلاحات و تعاریف ۳
۳	نمادها و کوتنه‌نوشتها ۴
۳	کلیات ۵
۳	۱-۵ دیگ‌ها
۴	۲-۵ دیگ‌های آب داغ
۴	۳-۵ جوش‌های اصلی
۴	۴-۵ ضریب جوش
۴	۵-۵ طراحی حرارتی لوله‌های کوره
۴	۱-۵-۵ شرایط طراحی
۷	۲-۵-۵ ابعاد کوره
۸	۳-۵-۵ توان حرارتی ورودی
۸	۴-۵-۵ شرایط تكمیلی برای بهره‌برداری
۹	۶-۵ ابعاد اجزای تحتفشار
۹	۷-۵ تعیین فشارها
۹	۱-۷-۵ بیشینه فشار مجاز
۹	۲-۷-۵ فشار محاسباتی
۹	۳-۷-۵ فشار تنظیم شیرهای اطمینان
۹	۴-۷-۵ فشار آزمون هیدرو استاتیک
۱۰	۸-۵ حدود مجاز
۱۰	۱-۸-۵ حد مجاز برای روداری‌های مواد تهیه شده و فرایندهای شکل دهنده
۱۰	۲-۸-۵ حد مجاز برای خوردگی فلز
۱۰	۹-۵ الزامات تكمیلی مواد برای ورق‌ها
۱۱	۱۰-۵ اتصالات استاندارد
۱۱	۱۱-۵ فلنچ‌ها
۱۱	۱۲-۵ طراحی براساس تجزیه و تحلیل

عنوان	صفحه
۱۳-۵ اکونومایزر و سوپر هیتر	۱۱
۶ دمای محاسباتی و تنش طراحی اسمی	۱۱
۱-۶ دمای محاسباتی	۱۱
۲-۶ تنش طراحی اسمی	۱۲
۷ پوسته‌های استوانه‌ای	۱۳
۱-۷ ضخامت پوسته	۱۳
۱-۷ الزامات	۱۳
۷ ۲-۱-۷ ضخامت موردنیاز دیواره همراه با حدود مجاز	۱۳
۷-۷ محاسبات پایه برمبنای فشار داخلی	۱۳
۳-۷ پایه‌ها و قلاب‌های حمل دیگ	۱۳
۸ سوراخ‌ها و انشعابات در پوسته‌های استوانه‌ای	۱۴
۱-۸ کلیات	۱۴
۱-۸ مقدمه	۱۴
۸ ۲-۱-۸ الزاماتی برای تقویتی سوراخ‌های روی پوسته‌ها	۱۴
۸ ۳-۱-۸ طول‌های مؤثر lrs برای محاسبه اثربخشی و جبرانی‌ها	۱۶
۸ ۴-۱-۸ موقعیت سوراخ‌های منفرد	۲۱
۸ ۵-۱-۸ الزامات برای طراحی انشعابات	۲۱
۸ ۶-۱-۸ الزامات طراحی پدهای تقویتی	۲۲
۸ ۷-۱-۸ الزامات کلی برای محاسبات سطوح مقطع و مناطق تحت‌فشار	۲۳
۸ ۲-۸ ضریب بازده، روش محاسبه جایگزین، بیشینه قطر یک سوراخ تقویت نشده	۲۴
۸ ۱-۲-۸ کلیات	۲۴
۸ ۲-۲-۸ بازده مجاز و بیشینه قطر یک سوراخ تقویت نشده	۲۴
۸ ۳-۲-۸ سوراخ‌های منفرد	۲۴
۸ ۴-۲-۸ سوراخ‌های مجاور	۲۵
۸ ۳-۸ سوراخ‌ها و انشعابات در پوسته‌ها (کارایی و تقویتی)	۲۶
۸ ۱-۳-۸ نمادها و کوتنه‌نوشت‌ها	۲۶
۸ ۲-۳-۸ الزامات کاربردی	۲۶
۸ ۳-۳-۸ طراحی سوراخ‌های منفرد و اتصالات انشعاب	۳۰
۸ ۴-۳-۸ طراحی سوراخ‌ها و اتصالات انشعاب مجاور	۳۲
۹ سر و انتهای دیگ	۳۴

صفحه	عنوان
۳۴	۱-۹ کلگی‌های عدسی شده (بشقابی) مقاوم نشده بدون سوراخ
۳۴	۱-۱-۹ کلگی‌های عدسی شده مقاوم نشده تحت فشار داخلی
۳۴	۲-۱-۹ شرایط محدود کننده
۳۷	۳-۱-۹ کلگی‌های عدسی شده بدون مقاوم تحت فشار خارجی
۳۷	۲-۹ درپوش‌های تخت مقاوم نشده با قابلیت جدا شدن
۳۹	۳-۹ صفحات تخت مقاوم نشده
۳۹	۱۰ صفحات تخت تقویت شده، مقاوم‌ها و استحکام دهنده‌ها
۳۹	۱-۱۰ فاصله تنفسی برای صفحات تخت
۴۱	۲-۱۰ سطوح تخت مقاوم شده
۴۱	۱-۲-۱ کلیات
۴۲	۲-۲-۱ شعاع لبه(فلنج)
۴۲	۳-۲-۱ نقطه اتکا
۴۲	۴-۲-۱ ضخامت
۴۶	۵-۲-۱ مقادیر ثابت C_4
۵۶	۶-۲-۱ مقاوم‌ها برای محفظه‌های برگشتی عقب مرطوب
۵۸	۷-۲-۱ میل مقاوم‌ها و مقاوم‌های لوله‌ای
۵۸	۸-۲-۱ بارگذاری روی لوله‌های مقاوم و مقاوم‌های میله‌ای
۵۸	۹-۲-۱ مقاوم‌های صفحه‌ای
۶۱	۱۰-۲-۱ اتصالات جوشی
۶۱	۱۱-۲-۱ الزامات اضافی برای صفحات انتهایی درون قرارگرفته
۶۲	۱۲-۲-۱ مقاوم‌های تیر حمال تقویت‌کننده قسمت تخت یک محفظه برگشتی
۶۳	۱۱ طراحی سوراخ‌های منفرد در صفحات تخت انتهایی دیگ
۶۳	۱-۱۱ سوراخ‌های منفرد تقویت نشده
۶۴	۲-۱۱ سوراخ‌های انشعاب
۶۵	۳-۱۱ دریچه‌های آدمرو، سر رو و دست رو
۶۶	۱۲ صفحه لوله‌ها و لوله‌های سوراخ نشده
۶۶	۱-۱۲ ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار خارجی
۶۷	۲-۱۲ ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار داخلی
۶۷	۳-۱۲ ضخامت جداره و دو پهن‌شدگی زانویی‌ها و خم‌های لوله
۶۷	۱-۳-۱۲ کلیات

صفحه	عنوان
۶۸	۲-۳-۱۲ خارج از گردی در خم لوله‌ها
۷۱	۴-۱۲ لوله‌های دود
۷۴	۵-۱۲ گام لوله‌ها
۷۵	۶-۱۲ ضخامت صفحات لوله در شبکه‌های لوله
۷۵	۱۳ لوله کوره‌ها، اجزای لوله کوره و محفظه‌های برگشتی استوانه‌ای شکل در معرض فشار خارجی
۷۵	۱-۱۳ لوله کوره‌ها
۷۵	۱-۱-۱۳ کوره‌های ساده
۷۶	۲-۱-۱۳ کوره‌های چین‌دار
۷۶	۳-۱-۱۳ ضرایب ایمنی
۷۷	۴-۱-۱۳ اجزاء کوره
۷۷	۵-۱-۱۳ محفظه‌های برگشتی
۷۹	۲-۱-۱۳ محاسبه طول لوله کوره ترکیبی
۷۹	۳-۱۳ رواداری‌های لوله‌های کوره‌ها
۷۹	۴-۱۳ حلقه‌های تقویتی
۷۹	۱-۴-۱۳ کلیات
۸۱	۲-۴-۱۳ مقاطع استحکام دهنده ساخته شده از میله یا ورق
۸۱	۳-۴-۱۳ استحکام دهنده‌هایی که درون منطقه‌ای از بالاترین شار حرارتی قرار می‌گیرند
۸۱	۴-۴-۱۳ بولینگ هوپ
۸۳	۱۴ دریچه‌های دسترسی و بازرسی
۸۳	۱-۱۴ الزامات کلی
۸۴	۲-۱۴ انواع و کمینه ابعاد دریچه‌های بازرسی و دسترسی
۸۷	۳-۱۴ کمینه پهنه‌ای نشیمنگاه واشر و حد مجاز برای درهای بازرسی و دسترسی
۸۷	۴-۱۴ دریچه‌های دسترسی و بازرسی در صفحه‌های تخت
۸۷	۵-۱۴ الزاماتی برای محل ورود به دیگ‌هایی با قطر بیرونی پوسته بزرگ‌تر از ۱۴۰۰ mm
۸۷	۶-۱۴ قابلیت دسترسی و ترتیب قرارگیری دریچه‌های بازرسی و ورودی
۸۸	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) فرم محاسباتی برای مقاطع منحنی شکل یا چین‌های برگشتی نوع واکر
۹۰	پیوست ب (الزامی) دمای محاسباتی کوره
۹۳	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) محاسبه دما لوله صفحه‌ای
۱۱۱	پیوست ت (الزامی) گرم‌کن مقدماتی و سوپرهیتر با اتصال طراحی لوله‌های آبی به پوسته دیگ

صفحه

عنوان

پیوست ث (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد

EN 12953-3:2016

۱۱۴

کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «دیگ‌های بخار و آب داغ از نوع پوسته‌ای- قسمت ۳: طراحی و محاسبات اجزای تحت‌فشار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در یک هزار و شصصد و نود و هفتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۱۳۹۷/۰۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

EN 12953-3:2016, Shell boilers-Part 3: Design and calculation for pressure parts.

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۲۱۵۶ است. سایر قسمتهای این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۱: کلیات؛
- قسمت ۲: مواد برای قطعات تحت فشار دیگ‌ها و متعلقات؛
- قسمت ۴: روش اجرا و ساخت قطعات تحت فشار دیگ؛
- قسمت ۵: بازرسی حین ساخت، مستندسازی و نشانه‌گذاری قطعات تحت فشار دیگ؛
- Part 6: Requirements for equipment for the boiler^۱؛
- قسمت ۷: الزامات سامانه‌های اشتعال سوخت‌های مایع و گاز برای دیگ‌ها؛
- قسمت ۸: الزامات وسایل حفاظتی در برابر فشار بیش از حد؛
- Part 9: Requirements for limiting devices of the boiler and accessories^۲؛
- قسمت ۱۰: الزامات آب تغذیه و کیفیت آب دیگ؛
- قسمت ۱۱: آزمون‌های پذیرش؛
- Part 12: Requirements for grate firing systems for solid fuels for the boiler^۳؛
- Part 13: Operating instructions^۴.

دیگ‌های بخار و آب داغ از نوع پوسته‌ای - قسمت ۳: طراحی و محاسبات اجزای تحت فشار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات طراحی و محاسبات اجزای تحت فشار دیگ‌های پوسته‌ای تعریف شده در استاندارد ملی به شماره ۱-۲۲۱۵۶ می‌باشد. برای الزامات طراحی و محاسبات سایر اجزای تحت فشار همانند طراحی دیواره لوله‌های آب، باید به مجموعه استانداردهای EN 12952 رجوع شود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۱۵۶: سال ۱۳۹۵، دیگ‌های بخار و آب داغ از نوع پوسته‌ای - قسمت ۱: کلیات

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۲۱۵۶: سال ۱۳۹۵، دیگ‌های پوسته‌ای - قسمت ۲: مواد برای قطعات تحت فشار دیگ‌ها و متعلقات

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۱۵۶: سال ۱۳۹۵، دیگ‌های پوسته‌ای - قسمت ۴: روش اجرا و ساخت قطعات تحت فشار دیگ

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۲۱۵۶: سال ۱۳۹۵، دیگ‌های پوسته‌ای - قسمت ۵: بازرسی حین ساخت، مستندسازی و نشانه‌گذاری قطعات تحت فشار دیگ

۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۲۲۱۵۶: سال ۱۳۹۵، دیگ‌های پوسته‌ای - قسمت ۱۰: الزامات برای آب تغذیه و کیفیت آب دیگ

- 2-6 EN 12953-6:2011, shell boilers - Part 6: Requirements for equipment for the boiler
- 2-7 EN 1092-1:2007+A1:2013, Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated - Part 1: Steel flanges
- 2-8 EN 10160, Ultrasonic testing of steel flat product of thickness equal or greater than 6 mm (reflection method)
- 2-9 EN 12952-3:2011, Water-tube boilers and auxiliary installations - Part 3: Design and calculation for pressure parts of the boiler
- 2-10 EN 13445-3, Unfired pressure vessels-Part3: Design

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر همراه با اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۰-۲۲۱۵۶ و ۱۰۱-۲۲۱۵۶ به کار می رود:

۱-۳

انشعاب

branch

نازل، انشعاب کوتاه لبه دار^۱، لوله تغذیه^۲

۲-۳

شروع به کار سرد

cold start

شروع به کار دیگ از فشار محیط در دمای اتاق تا رسیدن به شرایط عادی

۳-۳

شروع به کار گرم

warm start

شروع به کار دیگ از شرایط آماده به کار گرم

۴-۳

درز

seam

واژه عمومی برای اتصالات جوش شده، درزهای جوش شده یا جوش ها

1-Stub
2-Stand pipe

۴ نمادها و کوتنهنوشت‌ها

در این استاندارد، باید از نمادهای ارائه شده در جدول ۱ مندرج در استاندارد ملی ایران شماره ۱۵-۲۲۱۵۶ استفاده شود. در متن این استاندارد، جایی که نیاز به برآورده نمودن الزامات متن خاص مرتبط باشد، اصطلاحات و نمادهای تکمیلی به کاربرده می‌شود. همچنین باید توجه نمود که در برخی از بندهای این استاندارد، بهمنظور ارائه اصطلاحات مختلف از نماد تکمیلی مشابه در فرمول‌های مختلف استفاده می‌شود. به‌حال، در تمامی این موارد، مقصود ویژه هر نماد در هر فرمول نشان داده شده است.

۵ کلیات

۱-۵ دیگ‌ها

الزامات این استاندارد باید برای دیگ‌های تعریف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۵-۲۲۱۵۶ به کار رود، طراحی این دیگ‌ها از هرجهت تحت شرایط مشخص شده در این استاندارد بوده و تحت شرایط عملیات عادی به کار گرفته می‌شوند، آب تغذیه و آب دیگ آن‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۲۲۱۵۶ بوده و تحت نظرارت کافی می‌باشد.

در صورت وجود شرایط بهره‌برداری ویژه مانند بهره‌برداری با تناوب چرخه‌ای زیاد، این موضوع باید در فرایند طراحی در نظر گرفته شود.

آب تغذیه ورودی به دیگ بخار یا آب برگشتی وارد شده به یک دیگ آب داغ، باید مستقیماً به کوره برخورد نماید.

در صورت برآورده شدن کلیه الزامات زیر، هیچ‌گونه محاسبه بار چرخه‌ای نباید انجام شود:

الف- تعداد راهاندازی از فشار صفر تا فشار کاری^۱ پیش‌بینی شده (چرخه‌ای کامل فشار)، کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۰۰ باشد؛

ب- برای موادی که استحکام تسلیم تعیین شده آن در دمای اتاق، کوچک‌تر یا مساوی ۲۹۵ MPa باشد، تعداد چرخه‌های فشار نسبی در محدوده $\Delta P=20\%$ نسبت به PS، کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۰۰۰ یا به جای آن در محدوده $\Delta P=40\%$ نسبت به PS، کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۰۰ باشد.

پ- برای موادی که استحکام تسلیم تعیین شده آن در دمای اتاق، بزرگ‌تر از ۲۹۵ MPa باشد، تعداد چرخه‌های فشار نسبی در محدوده $\Delta P=10\%$ نسبت به PS، کوچک‌تر مساوی ۱۰۰۰۰ یا به جای آن در بازه $\Delta P=20\%$ نسبت به PS، کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۰۰ باشد.

ت- جوش صفحات انتهایی درون قرار گرفته به پوسته و/یا کوره باید حین ساخت دست کم ۱۰٪ آزمون فرacoصوتی شده باشد.

در غیر این صورت اگر شرایط بار چرخه‌ای پیچیده‌تر باشد، محاسبه بار چرخه‌ای باید انجام شود.

الزامات محاسبه بار چرخه‌ای برای ضریب جوش ۷/۰ اعمال نمی‌شود (به زیربند ۴-۵ مراجعه شود).

۲-۵ دیگ‌های آب داغ

در دیگ‌های آب داغ شعله مستقیم، اختلاف دمای خروجی و ورودی باید بیش از K_{50} باشد. در صورتی که اختلاف این دو دما بیش از K_{50} شود، باید از یک وسیله مخلوط کننده داخلی یا خارجی برای محدود کردن این اختلاف دما تا K_{50} در دیگ استفاده شود.

اختلاف بین دمای اشباع متناظر با بیشینه فشارکاری و دمای خروجی باید بیش از K_{80} باشد. چنانچه این اختلاف بیش از K_{80} باشد فاصله‌های تنفسی مندرج در زیربند ۱-۱۰ باید 50% افزایش یابد. علاوه بر این بیشینه توان حرارتی ورودی مطابق با نمودار شکل ۱ باید تا 20% کاهش یابد.

۳-۵ جوش‌های اصلی

أنواع جوش مورداستفاده در طراحی دیگ باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۱۵۶ باشد.

آزمون غیرمخرب (NDT)^۱ باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۲۱۵۶ انجام شود. طراحی اتصالات جوشی باید به گونه‌ای باشد که آزمون غیرمخرب موردنیاز بر روی آن‌ها انجام‌پذیر باشد.

۴-۵ ضریب جوش

ضرایب جوش ۷ که در محاسبات اجزای تحت فشار استفاده می‌شود باید با توجه به گستره انجام آزمون غیرمخرب برابر $1/85$ یا $7/0$ باشد.

گستره آزمون غیرمخرب باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۲۱۵۶ باشد.

در صورتی که در طراحی از افزایش فشار آزمون همان‌گونه که در فرمول (۱) ارائه شده، استفاده شود، صرفاً ضریب جوش $7=0/7$ قابل قبول است:

$$p_t = 2,2 p_c \frac{R_{p0,220}}{R_{p0,2tc}} \cdot \frac{e_{cs} + c_2}{e_{cs}} \quad (1)$$

۵-۵ طراحی حرارتی لوله‌های کوره

۱-۵-۵ شرایط طراحی

مشعل‌های با نرخ اشتعال ثابت (مشعل‌های روشن- خاموش یا یک مرحله‌ای نیز نامیده می‌شوند) باید برای توان حرارتی ورودی بیش از MW_1 به ازای هر کوره استفاده شود. احتراق باید در کوره کامل شود.

دمای محاسباتی باید مطابق با زیربند ۱-۶-۳ محاسبه شود.

به منظور اطمینان از ایمن بودن ترکیب‌های مشعل/ دیگ با توان حرارت ورودی بیش از MW_2 ، کمینه قطر کوره (d_i) باید کمتر از اندازه‌های ارائه شده در زیر باشد (به شکل ۱ مراجعه شود):

الف- شماره ۱ فولاد رده P265GH/P295GH : سوخت زغال(آتشدان) : $d_i = 400 + 175H$

ب- شماره ۲ فولاد رده P265GH : سوخت نفت: $d_i = 365 + 117H$, سوخت گاز: $d_i = 365 + 90.4H$

پ- شماره ۳ فولاد رده P295GH/P355GH : سوخت نفت : $d_i = 450 + 75H$

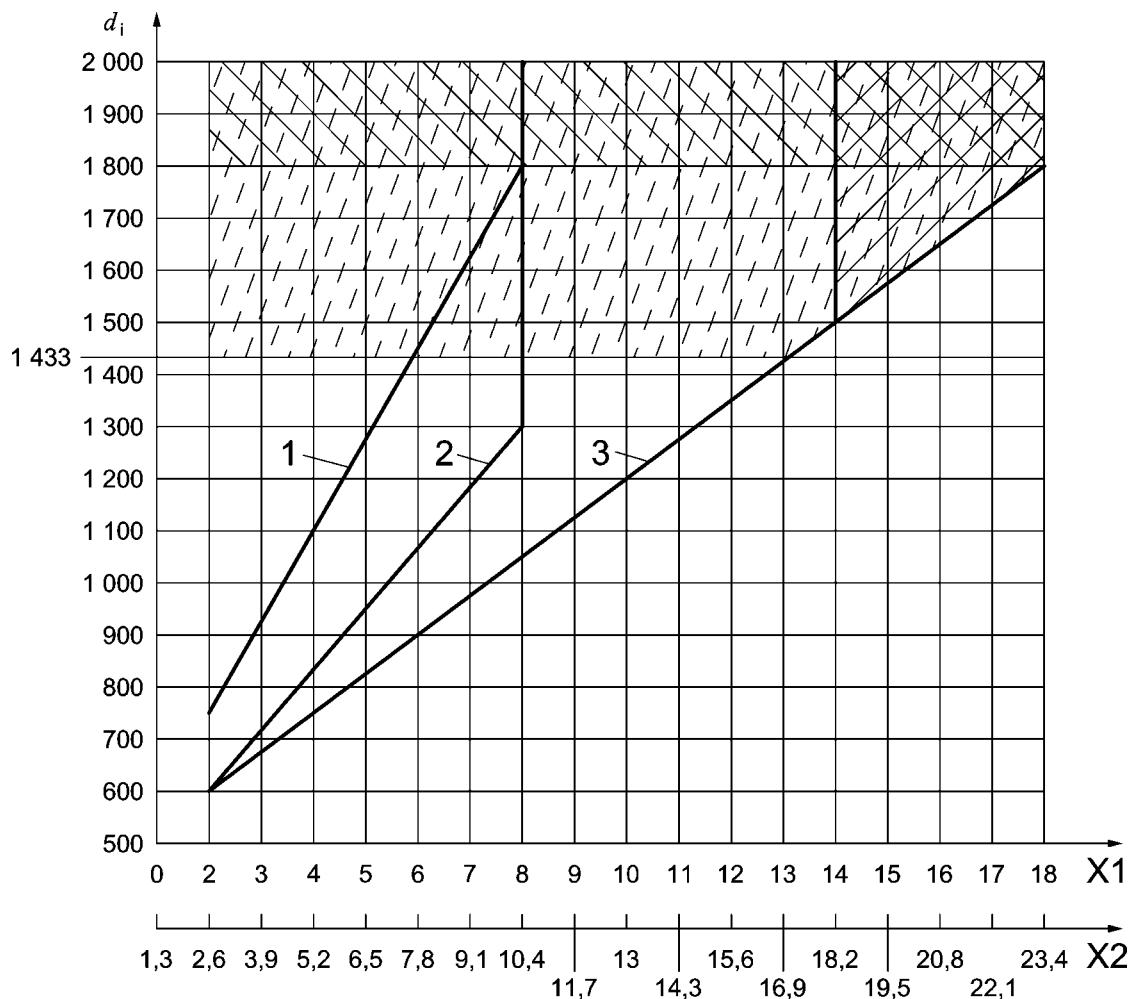
سوخت گاز: $d_i = 450 + 57.7H$

که در این فرمول ها:

d_i : قطر داخلی کوره های ساده برحسب mm (با یا بدون سفت کننده^۱ یا بولینگ هوپ^۲) یا قطر متوسط کوره های چین دار برحسب mm (با یا بدون تقویتی)

H : توان حرارتی ورودی برحسب MW (حاصل ضرب نرخ جریان سوخت در ارزش حرارتی کمتر در صورتی که دمای هوا بیش از 100°C باشد، پیش گرم هوا باید در محاسبات در نظر گرفته شود).

1-Stiffener
2-Bowling hoop



راهنمای:

1 سوخت زغال P265GH/P295GH

P265GH 2

P295GH/P355GH 3

d_i قطر داخلی کوره‌های ساده (با یا بدون تقویتی یا بولینگ هوب‌ها) یا قطر متوسط کوره‌های چین‌دار (با یا بدون تقویتی) [mm]

X1 توان حرارت ورودی $[MW]H_{oil}/H_{coal}$

X2 توان حرارت ورودی $[MW]H_{gas}$

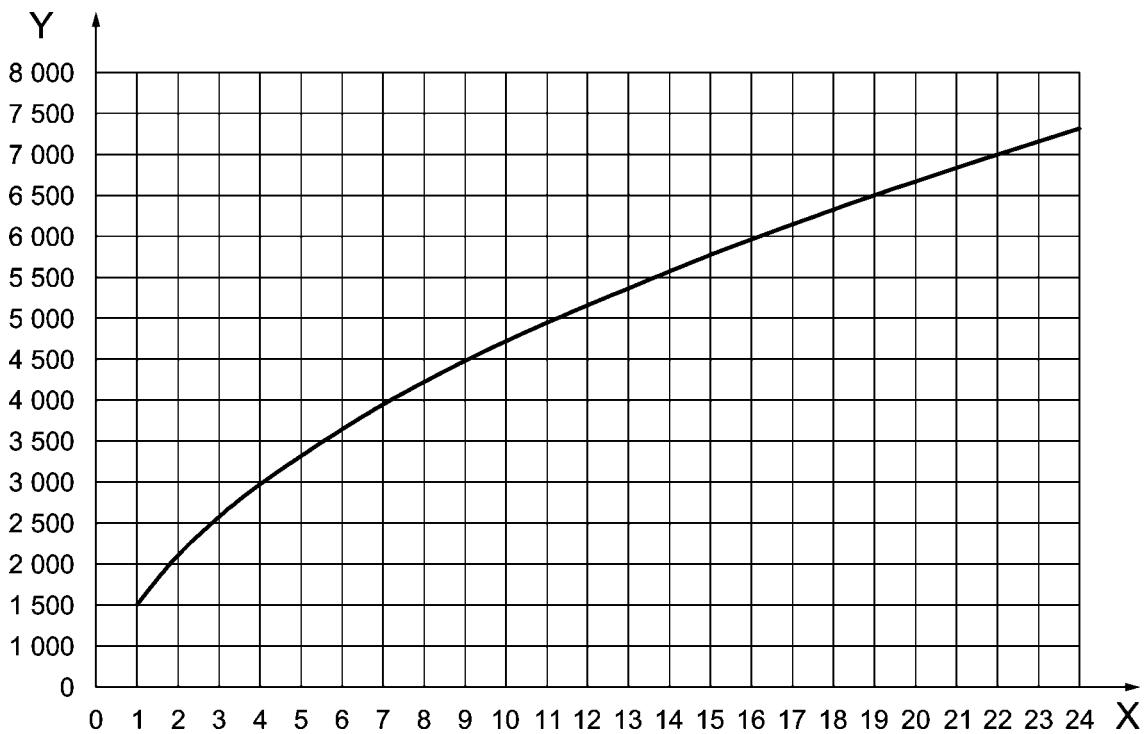
در صورتی که $d_i > 1800$ mm نظارت بر دما ضروری است.

در صورتی که $H_{gas} > 18.2$ MW و $H_{Oil} > 14$ MW نظارت بر دما ضروری است.

در صورتی که $d_i > 1433$ mm نظارت بر شرایط کاری ضروری است.



شکل ۱- ارتباط میان توان حرارت ورودی و قطر داخلی کوره d_i



راهنما:

Y کمینه طول لوله کوره [mm]
X توان حرارتی ورودی [MW]

شکل ۲- ارتباط میان توان حرارت ورودی و طول کوره L

۲-۵-۵ ابعاد کوره

کمینه طول کوره باید با استفاده از نمودار ۲ یا فرمول (۲) تعیین شود:

$$L [\text{mm}] = 150000 * (H [\text{MW}] / 10100)^{0.5} \quad (2)$$

درصورتی که قطر کوره کمتر از کمینه قطر (به نمودار شکل ۱ مراجعه شود) یا درصورتی که طول کوره کمتر از کمینه طول موردنیاز (به نمودار شکل ۲ مراجعه شود) باشد شرایط زیر باید برآورده شود:
- تائید شار حرارتی و دمای محاسباتی کوره (برای مثال مطابق زیر بند ۶-۱-ث). دمای های محاسباتی کمتر از فرمول ۱۲ نباید استفاده شود.

- نظارت پیوسته کیفیت آب (به زیربندهای ۴-۸-۳، ۴-۸-۴ و ۴-۸-۴ از استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۱۵۶ مراجعه شود)

درصورتی که قطر کوره بزرگ‌تر از ۱۸۰۰ mm باشد شرایط زیر باید برآورده شود:
- یک تحلیل تنش مجزا برای کوره (برای مثال با محاسبات FEA^۱ مناسب) برای اثبات ضریب ایمنی در برابر تغییر شکل و پاره شدن ضروری است

۵-۵-۳ توان حرارتی ورودی

درصورتی که توان حرارتی ورودی بیش از $H_{gas}=18.2\text{MW}$ / $H_{Oil}=14\text{ MW}$ باشد شرایط زیر باید برآورده شود:

- تائید شار حرارتی و دمای محاسباتی کوره (برای مثال مطابق با زیر بند ۶-۱-ث).
- مستندات طراحی، رضایت‌بخش بودن تناسب مشعل با دیگ را نشان داده و دستورالعمل‌های بهره‌برداری حاوی مشخصات کامل همراه با جزئیات برای مجموعه دیگ/ مشعل باشد.

۴-۵-۵ شرایط تکمیلی برای بهره‌برداری

درصورتی که $H_{gas}>18.2\text{ MW}$ / $H_{Oil}>14\text{ MW}$ ، سازنده دیگ باید الزامات تکمیلی را برای بهره‌برداری به شرح زیر در نظر بگیرد. تحلیل ریسک باید بر اساس موارد زیر اتخاذ شود:

- شرایط بهره‌برداری به صورت سخت‌گیرانه‌تری تعیین شود مانند ارتقای الزامات کیفیت آب علاوه بر الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۲۲۱۵۶، تعمیر و نگهداری کوتاه‌تر یا بازه‌های بازرگانی کوتاه‌تر.
- درصورتی که مطابق با شکل ۱ الزام شود، نظارت دمای بدنه کوره یا اقدامات ایمنی/ فنی معادل انجام شود.
- شرایط راهاندازی سخت‌گیرانه‌تر شود، مثلاً محدود نمودن نرخ گرم شدن در شروع سرد (یا به صورت خودکار در یک سیستم کنترلی یا در دستورالعمل‌های بهره‌برداری) همان‌گونه که در ارزیابی تناسب دیگ/ مشعل تعیین شده است.
- دیگ‌های دارای کوره دوقلو: درصورتی که الزامات بهره‌برداری، محدوده گسترهای از توان حرارت ورودی را ایجاب کند، الزاماتی برای امکان بهره‌برداری از کوره تکی وجود داشته باشد.

الف- برای دیگ‌های بخار:

- پایش رسانایی آب دیگ باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶-۲۲۱۵۶ باشد،
- بهبود در گردش حین راهاندازی.

ب- برای دیگ‌های آب داغ:

- پایش آب جبرانی ورودی^۱ باید مطابق با استاندارد ملی ایران، شماره ۶-۲۲۱۵۶ باشد همچنین پایش برگشت آب از نظر آلودگی باید انجام شود.
- پایش قابل اطمینان برای آب برگشتی از نظر تغییرات ناگهانی در نرخ جریان یا دما، جائی که مواد نسوز به بدنه کوره نصب می‌شود، طول آن نباید بزرگ‌تر از یک‌سوم قطر داخلی کوره باشد. شروع این طول از انتهای مشعل تعیین می‌شود. مواد نسوز اضافی یا سایر اجزای داخلی در کوره باهدف ذخیره‌سازی یا حفظ حرارت، مجاز نیست مگر جائی که آن‌ها مطابق با مشخصات سازنده مشعل باشند.

۵-۵ ابعاد اجزای تحت فشار

ضخامت دیواره و سایر ابعاد اجزای تحت فشار باید برای تحمل فشار محاسباتی در دمای محاسباتی کافی باشد و باید مطابق با این استاندارد تعیین شود.

۶-۵ تعیین فشارها

۱-۷-۵ بیشینه فشار مجاز

بیشینه فشار مجاز p_{S} ، بیشینه فشاری است که دیگ برای آن طراحی شده و باید در بالاترین نقطه از پوسته دیگ اندازه‌گیری شود.

۲-۷-۵ فشار محاسباتی

فشار محاسباتی p_c نباید از مجموع بیشینه فشار مجاز و فشار ستون آب^۱ کمتر باشد. اگر فشار ستون آب هیدرو استاتیک کمتر از ۳٪ بیشینه فشار مجاز باشد اثر آن را می‌توان نادیده گرفت. یادآوری - در این استاندارد فشار محاسباتی p_c به عنوان فشار طراحی p_d نیز اشاره می‌شود. اصطلاح فشار محاسباتی p_c در سراسر این استاندارد استفاده شده است.

۳-۷-۵ فشار تنظیم شیرهای اطمینان

فشار تنظیم شیر(های) اطمینان نباید از بیشینه فشار مجاز بیشتر باشد. (به استاندارد ملی شماره ۸-۲۲۱۵۶ مراجعه شود)

۴-۷-۵ فشار آزمون هیدرو استاتیک

فشار آزمون هیدرو استاتیک استاندارد نباید از حاصل فرمول (۳) کمتر باشد:

$$p_t = 1,25 p_c \frac{R_{p0,220}}{R_{p0,2 te}} \quad (3)$$

یا

$$p_t = 1,43 p_c \quad (4)$$

هر کدام بزرگ‌تر است.

که در آن:

$R_{p0,2}$: مقدار تعیین شده نقطه تسليم در دمای 20°C .

$R_{p0.2\text{ tc}}$ به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۱۵۶، جدول ۱ مراجعه شود.
بالاترین نسبت $R_{p0.2\text{ t}}/R_{p0.2\text{ tc}}$ برای پوسته دیگ بخار و صفحه لوله جلویی (یا صفحه جلویی بسته به نحوه قرارگیری آن) و صفحه عقبی (یا صفحه لوله عقبی بسته به نحوه قرارگیری آن) در دماهای محاسباتی آنها باید در نظر گرفته شود.

در تمامی موارد:

- الف- تنش در تمام قطعات تحت فشار دیگ و یا اجزای نصب شده به دیگ، باید از ۹۵٪ استحکام تسلیم مشخص شده آنها در دمای آزمون بیشتر باشد؛
- ب- P_t باید از فشار محاسباتی کوره تحت شرایط آزمون بیشتر باشد (به زیربند ۱-۱۳ مراجعه شود). اندازه مدول الاستیسیته (E) باید در دمای اتاق استفاده شود.
- پ- برای دیگهایی که لوله‌های دود آنها صرفاً والس (گشاد) می‌شوند، اندازه $P_c = 1/43 P_t$ باید استفاده شود.

۸-۵ حدود مجاز

۸-۱ حد مجاز برای رواداری‌های مواد تهیه شده و فرایندهای شکل‌دهی

رواداری منفی روی ضخامت اسمی دیواره سفارش شده C_1 ، برای جبران رواداری‌های منفی ناشی از شرایط تهیه مواد می‌باشد.

کمینه ضخامتی که پس از فرایندهای شکل‌دهی، توسط تأمین‌کننده یا سازنده به دست می‌آید باید دست کم برابر کمینه ضخامت تعیین شده در مستندات مربوط باشد (یعنی نقشه‌ها، دفترچه محاسبات و...)

۸-۲ حد مجاز برای خوردگی فلز

در صورت وجود احتمال وقوع خوردگی و همچنین فرسایش و سایش، حد مجاز خوردگی^۱ C_2 که این موارد را شامل می‌شود باید در محاسبات طراحی منظور شود.

برای اجزایی که تحت شرایط عادی کار می‌کنند:

- الف- برای ضخامت دیواره کوچک‌تر یا مساوی mm ۳۰، کمینه حد مجاز خوردگی باید mm ۰,۷۵ در نظر گرفته شود.
 - ب- برای ضخامت دیواره بزرگ‌تر از mm ۳۰ و برای کلیه قطعات تخت، حد مجاز خوردگی mm (۰) را می‌توان استفاده نمود.
- در مورد شرایط خوردگی شدید، افزایش اندازه C_2 ، باید متناسب با خوردگی انتخاب شود.

۹-۵ الزامات تکمیلی مواد برای ورق‌ها

برای ورق‌ها با ضخامت بزرگ‌تر یا مساوی mm ۳۰ باید آزمون‌های فراصوتی مطابق با EN 10160 انجام شود.

۵-۴ اتصالات استاندارد

اگر اتصالات استاندارد (برای مثال زانویی، خم‌های لوله‌ای و غیره) مطابق با استاندارد ۲ EN 10253-2 استفاده می‌شوند، محاسبات تکمیلی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۲۱۵۶ الزامی نیست.
یادآوری- استانداردهای جایگزین می‌توانند استفاده شوند و باید مطابق با الزامات استانداردهای تعیین شده EN باشند.

۵-۵ فلنج‌ها

اگر فلنج‌ها مطابق با استاندارد EN 1092-1:2007+A1:2013 استفاده می‌شود، محدوده فشار / دما (p/t) ارائه شده در استاندارد EN 1092-1:2007+A1:2013 و پیوست ج باید استفاده شوند.
یادآوری- استانداردهای جایگزین می‌توانند استفاده شوند و باید مطابق با الزامات استانداردهای ویژه EN باشند.

۵-۶ طراحی براساس تجزیه و تحلیل

طراحی برمبنای تجزیه و تحلیل مجاز است مشروط بر اینکه اختلالی در الزامات ایمنی و عملکرد قطعات ایجاد ننماید. نتایج هرگونه محاسبات تنش انجام شده برای بارهایی که صراحتاً با فرمول‌های این استاندارد پوشش داده نشده باید با معیارهای ارائه شده در استاندارد EN 13445-3:2014 ارزیابی شود.

۵-۷ اکونومایزر^۱ و سوپرهیتر

برای اکونومایزر و سوپرهیتر با طراحی لوله آبی که متصل به دیگ پوسته‌ای هستند، به پیوست ت مراجعه شود.

۶ دمای محاسباتی و تنش طراحی اسمی

۶-۱ دمای محاسباتی

دمای محاسباتی t_c باید متوسط دمای فلز باشد و باید مطابق با بندهای الف تا ث تعیین شود.
الف- برای قطعاتی که در معرض انتقال حرارت نیستند (برای مثال پوسته‌های استوانه‌ای)، دمای محاسباتی (t_c) نباید کمتر از دمای اشباع (t_s) متناظر با بیشینه فشار مجاز، یا بیشینه دمای مجاز باشد.
ب- برای لوله‌های دود، دمای محاسباتی (t_c) باید طبق فرمول‌های (۵) و (۶)، هر کدام بزرگ‌تر است، تعیین شود:

$$t_c = t_s + 2e_t \quad (5)$$

یا

$$t_c = t_s + 25 \quad (6)$$

پ- دمای محاسباتی برای قطعاتی که در معرض انتقال حرارت بوده ولی در تماس شعله نیستند جائی که دمای ورودی گاز در آنها بیش از 800°C نیست، دمای محاسباتی باید مطابق معادلات (۷) و (۸)، هر کدام کمتر است، تعیین شود:

$$t_c = t_s + 2e + 15 \quad (7)$$

یا

$$t_c = t_s + 50 \quad (8)$$

دمای محاسباتی (t_c) برای قطعاتی که در آن دود با دمای کمتر از 400°C عبور می‌کند باید مطابق فرمول زیر محاسبه شود:

$$t_c = t_s + 20 \quad (9)$$

ت- دمای محاسباتی برای قطعاتی که در معرض انتقال حرارت می‌باشند جائی که دمای ورودی گاز در آنها بیش از 800°C است، باید با استفاده از فرمول‌های (۱۰) یا (۱۱) تعیین شود:

$$t_c = t_s + 3e + 30 \quad (10)$$

یا

(۱۱) گرمایش با انتقال گرمایش (همرفت): $t_c = t_s + 2e + 15$ اما نه بیشتر از $t_s + 50$ یا مطابق با پیوست پ

ث- دمای محاسباتی برای کوره‌ها باید با فرمول (۱۲) تعیین شود:

$$t_c = t_s + 3.5e + 35 \quad (12)$$

فرمول (۱۲) می‌تواند برای محاسبه (t_c) استفاده شود، به شرط اینکه:

d_i بزرگ‌تر یا مساوی کمینه d_i معادل کوره باشد (به زیربند ۵-۵-۱ مراجعه شود);

L بزرگ‌تر یا مساوی کمینه طول کوره باشد (به شکل ۲ مراجعه شود);

H_{oil} کوچک‌تر یا مساوی 14.0 MW باشد؛

H_{gas} کوچک‌تر یا مساوی 18.2 MW باشد.

اگر از فرمول (۱۲) نتوان استفاده نمود، دمای محاسباتی (t_c) باید مطابق الزامات پیوست ب تعیین شود.

در تمام موارد، دمای محاسبه شده نباید کمتر از مقدار محاسبه شده با فرمول (۱۲) باشد.

در تمام موارد، بیشینه دمای محاسباتی مجاز برای کوره باید 420°C باشد.

۶-۲- تنش طراحی اسمی

در صورتی که در این استاندارد شرایط دیگری قید نشده باشد تنش طراحی f باید کمتر از دو مقدار به دست آمده از فرمول (۱۳) باشد:

$$f = \min \left\{ \frac{R_{p0,2} t_c}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right\} \quad (13)$$

یادآوری- عبارت "تنش طراحی اسمی" که با حرف اختصاری f نشان داده می‌شود، عبارت است از تنشی که در فرمول‌های این استاندارد برای طراحی قطعات تحت فشار بکار برده می‌شود. قوانین جزئیات طراحی در این استاندارد، بیشینه تنش‌های واقعی را در حدود قابل پذیرش برای نوع بارگذاری موردنظر در برمی‌گیرد.

۷ پوسته‌های استوانه‌ای

۷-۱ ضخامت پوسته

۷-۱-۱ الزامات

پس از کسر حدود مجاز، ضخامت پوسته (e_{rs}) از فرمول (۱۴) به دست می‌آید:

$$e_{rs} = e_s - c_1 - c_2 \quad (14)$$

ضخامت پوسته استوانه‌ای باید دست کم بزرگ‌ترین مقداری که در موارد زیر الزام شده، باشد:

الف- کمینه 6 mm برای پوسته‌های استوانه‌ای با قطر خارجی بزرگ‌تر یا مساوی 1000 mm به استثنای دیگ‌های فشار پائین (LPB)^۱ برای دیگ‌های با قطر خارجی کمتر از 1000 mm و دیگ‌های فشار پائین (LPB) کمینه 4 mm باید الزام شود.

ب- الزامات زیریند ۷-۲ با به کاربردن الزامات زیریندهای ۲-۸ یا ۳-۸ و ۴-۳-۸

۷-۱-۲ ضخامت موردنیاز دیواره همراه با حدود مجاز

ضخامت موردنیاز دیواره با در نظر گرفتن حدود مجاز، در فرمول (۱۵) آورده شده است:

$$e_{sa} = e_{cs} + c_1 + c_2 \quad (15)$$

۷-۲ محاسبات پایه بر مبنای فشار داخلی

در صورت موجود بودن d_{is} ، ضخامت موردنیاز دیواره بدون حدود مجاز (e_{cs}) یک پوسته استوانه‌ای در فرمول (۱۶) آورده شده است:

$$e_{cs} = \frac{p_c d_{is}}{(2 f_s - p_c)v} \quad (16)$$

در صورت موجود بودن d_{os} ، ضخامت موردنیاز دیواره بدون حدود مجاز (e_{cs}) یک پوسته استوانه‌ای در فرمول (۱۷) آورده شده است:

$$e_{cs} = \frac{p_c d_{os}}{(2 f_s - p_c)v + 2 p_c} \quad (17)$$

۳-۷ پایه‌ها و قلاب‌های حمل دیگ

تنش‌های وارد بر پوسته دیگ ناشی از بارهای پایه‌ها و قلاب‌های حمل باید محاسبه شود.

یادآوری ۱- به عنوان راهنمای می‌توان از بند ۱۶ استاندارد ۱۳۴۴۵-۳:۲۰۱۴، برای محاسبه یا تحلیل ویژه استفاده نمود.

یادآوری ۲- محاسبات مربوط به خود پایه‌ها و قلاب‌های حمل نیز باید انجام شود.

۸ سوراخ‌ها و انشعابات در پوسته‌های استوانه‌ای

۱-۸ کلیات

۱-۱-۸ مقدمه

این بند قوانین طراحی مربوط به سوراخ‌ها و انشعابات را در پوسته‌های استوانه‌ای مشخص می‌کند.

ملاحظات زیر باید موردتوجه قرار گیرد:

- برای ضخامت دیواره، کلیه اندازه‌ها صرفنظر از مقادیر مجاز C_1, C_2 می‌باشند،
- جزئیات جوش صرفاً به‌طور نمونه هستند.

۲-۱-۸ الزاماتی برای تقویتی سوراخ‌های روی پوسته‌ها

۱-۲-۱-۸ جائی که کاربرد داشته باشد، تقویت سوراخ‌ها در پوسته‌ها باید مطابق موارد زیر انجام شود:

الف- به‌وسیله افزایش ضخامت دیواره پوسته محاسبه شده مطابق با فرمول‌های (۱۶) و (۱۷).

اضافه ضخامت دیواره باید دست کم تا طول l_{rs} مطابق با شکل‌های ۴ تا ۷ ادامه یابد.

جایی که محل قرارگیری انشعاب یا سوراخ ، نزدیک به هرگونه جوش لب‌به‌لب در دیواره پوسته باشد، فاصله $\geq l_{rs}$ باید رعایت شود. (به شکل‌های ۵ و ۶ مراجعه شود)

ب- به‌وسیله انشعابات، که روی طولی معادل l_{rb} از سطح بیرونی دیواره پوسته اندازه‌گیری می‌شود و باضخامت دیواره‌ای بیش از اندازه موردنیاز در محاسبه فشار داخلی، بدون یا با افزایش در ضخامت دیواره پوسته تأمین می‌شود (به شکل‌های ۵ و ۶ مراجعه شود).

اتصال جوش شده بین پوسته و انشعاب باید جوشی بانفوذ کامل باشد. جایی که نتوان جوش بانفوذ کامل به کاربرد، انشعاب نباید در محاسبه تقویتی در نظر گرفته شود (به شکل ۴ مراجعه شود).

برای $d_{ib} \leq 50 \text{ mm}$ ، نسبت ضخامت دیواره (e_{rb}/e_{rs}) کوچک‌تر و مساوی ۲ مجاز است. همچنین این نسبت باید برای انشعاباتی با $d_{ib} > 50 \text{ mm}$ تا $d_{ib} < 2d_{is}$ نسبت قطر $d_{ib}/d_{is} \leq 0.2$ برقرار باشد به‌کار گرفته شود. برای انشعاباتی با $d_{ib} > 50 \text{ mm}$ و نسبت قطر $d_{ib}/d_{is} > 0.2$ ، نسبت e_{rb}/e_{rs} نباید از یک واحد بیشتر باشد. این شرایط برای دریچه‌های دسترسی و بازرسی به کاربرده نمی‌شود.

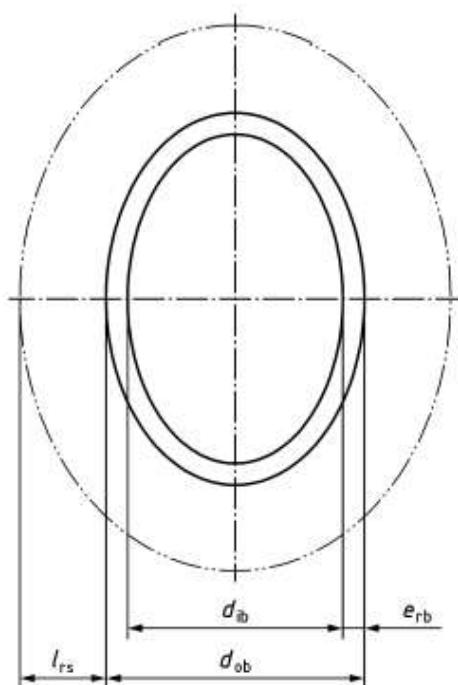
طول l_{rb} در شکل ۶ باید دست کم مساوی باضخامت انشعاب e_{rb} باشد.

پ- به‌وسیله پدهای تقویتی برای افزایش ضخامت دیواره همان‌گونه که در قسمت الف آورده شده است (به شکل‌های ۷ و ۸ مراجعه شود). تقویت سوراخ‌ها به‌وسیله پدهای تقویتی داخلی مجاز نیست.

ت- بهوسیله سفت‌کننده درون قرارگرفته که می‌تواند به صورت یک فلنچ مانند شکل ۹ استفاده شود. اندازه ارتفاع e_r حلقه مورداستفاده برای محاسبه تقویتی به بیشترین مقدار $\{3 \cdot l_{rs}; 3 \cdot e_{rs}\}$ محدود می‌شود. در این حالت برای محاسبه تقویتی از A_{fr} به جای f_b استفاده می‌شود.
یادآوری- حلقه‌های بیرون قرارگرفته (فلنچ‌ها) ممکن است صرفاً به عنوان پد تقویتی در نظر گرفته شوند.

۲-۲-۱-۸ جایی که دریچه‌های دسترسی و بازرسی به شکل بیضوی وجود داشته باشد نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک نباید بیش از ۱/۵ باشد.

برای سوراخ‌های بیضوی یا لوپیایی^۱ در پوسته‌های استوانه‌ای، قطر سوراخ مورداستفاده در محاسبه تقویتی باید در راستای محور پوسته باشد (به شکل ۳ مراجعه شود).



راهنما:

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون حدود مجاز

d_{ob} قطر اسمی خارجی انشعاب

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب یا نازل، بدون حدود مجاز

شکل ۳- ابعاد محاسباتی برای سوراخ‌های بیضوی

سوراخ‌ها باید نسبت به جوش‌های طولی و محیطی پوسته با فاصله کافی قرار گیرند. در صورتی که لبه بیرونی یک انشعاب یا تقویتی بیرون جوش شده برای پوسته‌ای با یکی از ضخامت‌های زیر باشد، فاصله انشعاب از لبه جوش باید به اندازه کافی در نظر گرفته شود:
الف- برای ضخامت e_{rs} کوچک‌تر یا مساوی mm ۲۵، این فاصله برابر $2e_{rs}$ باشد؛

1- obround

- ب- برای ضخامت e_{rs} بزرگ‌تر از ۲۵ mm، این فاصله برابر کمینه ۵۰ mm باشد؛ ماشینکاری سوراخ‌ها از میان جوش‌های طولی و محیطی پوسته مجاز است مشروط بر اینکه قطر سوراخ بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰۰ mm و ضخامت انشعاب بزرگ‌تر یا مساوی ۸ mm باشد. سوراخ باید لبه درز اصلی جوش را آشکار نموده و در معرض آزمون غیرمحرب اضافی زیر قرار گیرد:
- پ- پس از ماشینکاری و قبل از جوشکاری انشعاب: شناسایی ترک سطحی منطقه مربوط؛
- ت- پس از جوشکاری انشعاب علاوه بر بازرسی اشاره شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۲۱۵۶؛ شناسایی ترک سطحی و آزمون‌های فرراصوتی (UT).
- یادآوری- در نظر گرفتن جوش مربوطه با ضریب جوش $v=1$ توصیه می‌شود.

۳-۱-۸ طول‌های مؤثر l_{rs} برای محاسبه اثربخشی و جبرانی‌ها

برای محاسبه کارایی‌ها به روش تقریبی همان‌گونه که در زیربند ۲-۸ بدان اشاره شده و محاسبه انشعابات منفرد و مجاور که در زیربند ۳-۸ تشریح شده است، طول مؤثر l_{rs} که باید برای پوسته استفاده شود، موردنیاز است.

$$l_{rs} = \min \left[\sqrt{(d_{rs} + e_{rs})e_{rs}}; l_{s1} \right] \quad (18)$$

یادآوری- اگر سفت‌کننده مطابق با زیربند ۱-۲-۱-۸ (ت) استفاده شود، استفاده از e_{rs} به عنوان ضخامت متوسط، با در نظر گرفتن e_{rs} به دست آمده از تکرار محاسبه، مجاز می‌باشد.

برای l_{s1} به شکل‌های ۴ تا ۶ مراجعه شود.

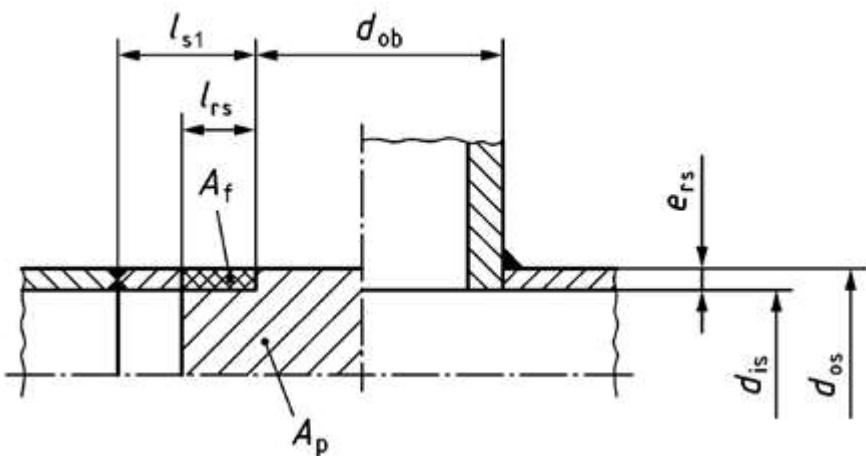
و برای نازل با $\psi \geq 45^\circ$

برای بیرون‌زدگی بیرونی داریم:

$$l_{rb} = \min \left[\sqrt{(d_{rb} + e_{rb})e_{rb}}; l_{b1} \right] \quad (19)$$

برای بیرون‌زدگی داخلی داریم:

$$l_{rbi} = \min \left[0,5\sqrt{(d_{rb} + e_{rb})e_{rb}}; l_{b2} \right] \quad (20)$$



راهنمای:

A_f سطح مقطع مؤثر به عنوان جبرانی، بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_p سطح تحت قشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنۀ اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

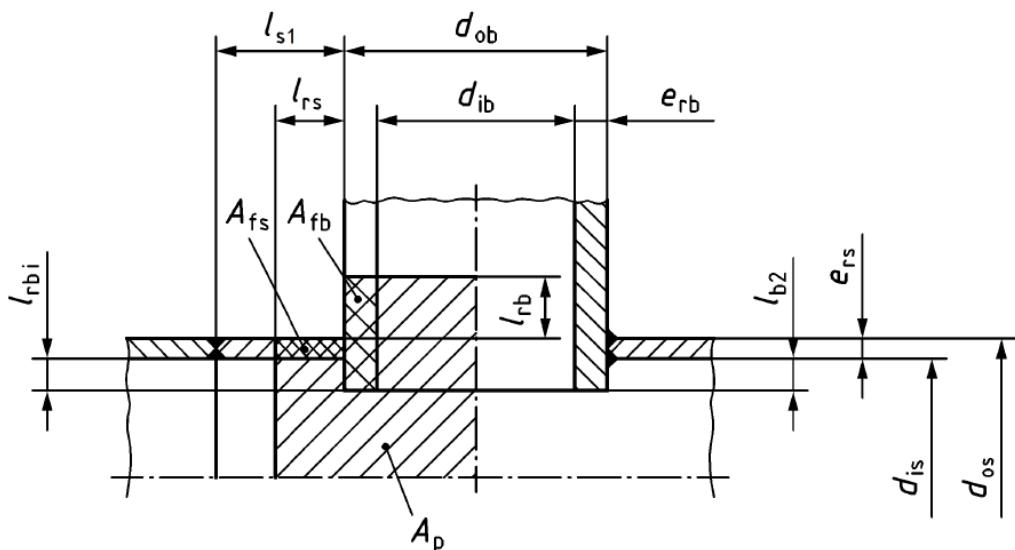
l_{rs} طول مؤثر بدنۀ اصلی کمک‌کننده به تقویتی

d_{0s} قطر اسمی خارجی بدنۀ اصلی

d_{is} قطر داخلی بدنۀ اصلی

d_{0b} قطر اسمی انشعاب

شکل ۴- پوسته استوانه‌ای با انشعاب جوش شده به صورت گوشه‌ای (بدون تقویت اضافی)



راهنما:

A_p سطح تحتفشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fs} سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{ob} قطر اسمی خارجی انشعاب

d_{os} قطر اسمی خارجی بدنه اصلی

d_{is} قطر داخلی بدنه اصلی

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

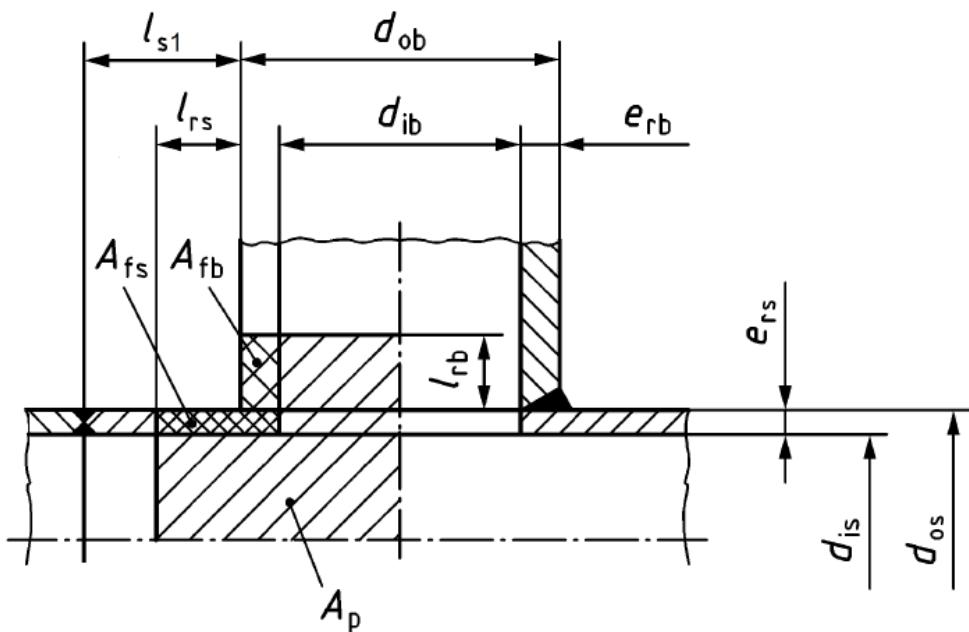
l_{rb} طول اندازه‌گیری شده بیرون‌زدگی داخلی انشعاب

l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک‌کننده به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بیرون‌زدگی درونی انشعاب توزده برای کمک به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بدنه اصلی کمک‌کننده به تقویت

شکل ۵- پوسته استوانه‌ای با انشعاب جوش شده بانفوذ کامل(انشعاب توزده)



راهنمای:

A_p سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fs} سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{ob} قطر خارجی اسمی انشعاب

d_{os} قطر اسمی خارجی بدنه اصلی

d_{is} قطر داخلی بدنه اصلی

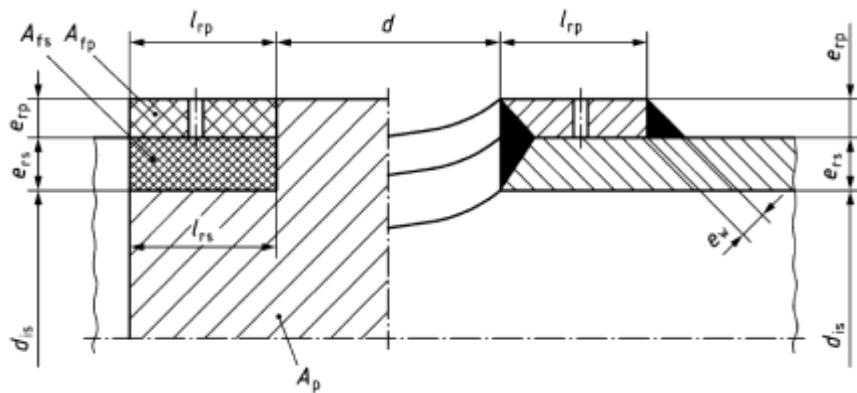
e_{rb} ضخامت دیواره واقعی انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک کننده به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بدنه اصلی کمک کننده به تقویت

شکل ۶- پوسته استوانه‌ای با انشعاب بیرون قرار گرفته و جوش شده روی آن



راهمنا:

A_p : سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fs} : سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fp} : سطح مقطع پد تقویتی مؤثر به عنوان جبرانی

d_{ls} : قطر داخلی بدنه اصلی

e_{rp} : ضخامت دیواره واقعی پد تقویتی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} : ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

$(e_w \geq 0.7 e_{rp})$: ضخامت جوش

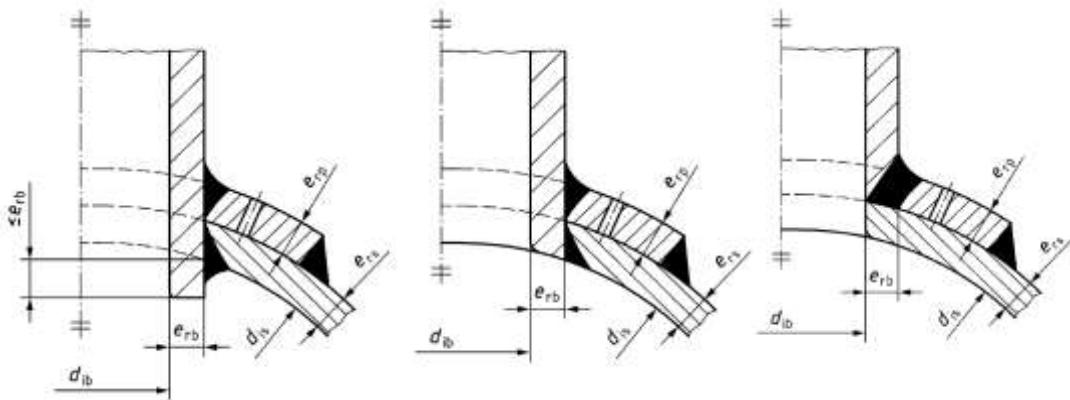
l_{rb} : طول مؤثر انشعباب کمک کننده به تقویتی

l_{rs} : طول مؤثر بدنه اصلی کمک کننده به تقویتی

l_{rp} : عرض مؤثر سفت کننده

d : قطر سوراخ لوله

شکل ۷- سوراخ با پد تقویتی



الف- انشعباب جوش شده توزده

ب- انشعباب جوش شده از داخل

پ- انشعباب جوش شده از بیرون

راهمنا:

d_{ib} : قطر داخلی انشعباب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

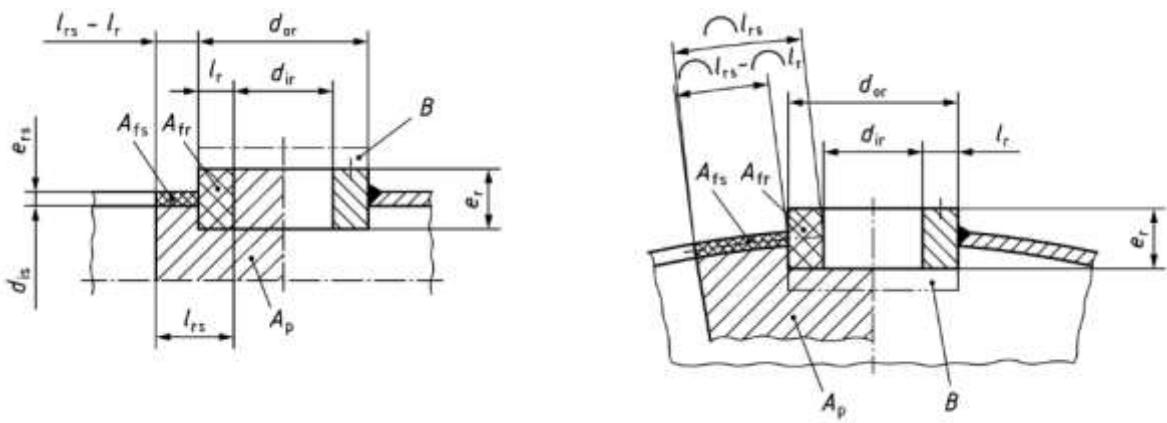
d_{is} : قطر داخلی بدنه اصلی

e_{rb} : ضخامت واقعی دیواره انشعباب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rp} : ضخامت واقعی دیواره پد تقویتی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} : ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

شکل ۸- سوراخ با پد تقویتی و انشعباب بانفوذ کامل



(الف)

(ب)

راهنمای:

A_p سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fs} سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر بعنوان جبرانی

A_{fr} سطح مقطع حلقه تقویت کننده

d_{or} قطر اسمی حلقه

d_{ir} قطر داخلی حلقه

d_{is} قطر داخلی بدنه اصلی

e_r ارتفاع حلقه

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

l_r عرض حلقه

l_{rs} طول مؤثر بدنه اصلی کمک کننده به تقویت

B محل اختیاری فلنج کور

شکل ۹- سوراخ با سفت کننده (فلنج)

۴-۱-۸ موقعیت سوراخ های منفرد

در صورتی که فاصله مراکز سوراخ های مجاور $P\Phi$ (همان گونه که در شکل ۱۴ نشان داده شده)، شرایط اشاره داده در فرمول (۲۱) را برآورده نماید، با سوراخ های مجاور باید همانند سوراخ های منفرد عمل شود.

$$P\Phi \geq \left(\frac{d_{rb1}}{2} + e_{rb1} \right) + \left(\frac{d_{rb2}}{2} + e_{rb2} \right) + 2 \sqrt{(d_{is} + e_{rs}) e_{rs}} \quad (21)$$

برای سوراخ های بدون یک انشعاب $e_{rb}=0$

۵-۱-۸ الزامات برای طراحی انشعابات

۱-۵-۱-۸ پوسته با تنفس طراحی کمتر از انشعابات

اگر پوسته، انشعاب و تقویتی اضافه شونده از موادی با تنש‌های طراحی متفاوت تشکیل شده باشد و فلز به کاررفته در پوسته دارای پایین‌ترین اندازه تنش طراحی f_s باشد، بهمنظور محاسبه تقویت دریچه، این اندازه باید برای تمامی مواد استفاده شود، به‌طوری‌که f_p و f_b هردو مساوی f_s باشند.

۲-۵-۱-۸ انشعابات یا پدهای تقویتی با تنش طراحی کمتر از پوسته

اگر مواد مورداستفاده برای انشعاب یا پد تقویتی، دارای تنش طراحی به ترتیب f_b یا f_p کمتر از تنش طراحی بدنی f_s باشند، در این حالت این تنش طراحی f_b یا f_p باید در فرمول‌های مربوطه در نظر گرفته شود.

۳-۵-۱-۸ حالت ویژه

در محاسبات باید قطر داخلی نازل d_{ib} استفاده شود حتی اگر قطر سوراخ d در پوسته کمتر از d_{ib} باشد.

۴-۱-۸ الزامات طراحی پدهای تقویتی

۱-۶-۱-۸ کلیات

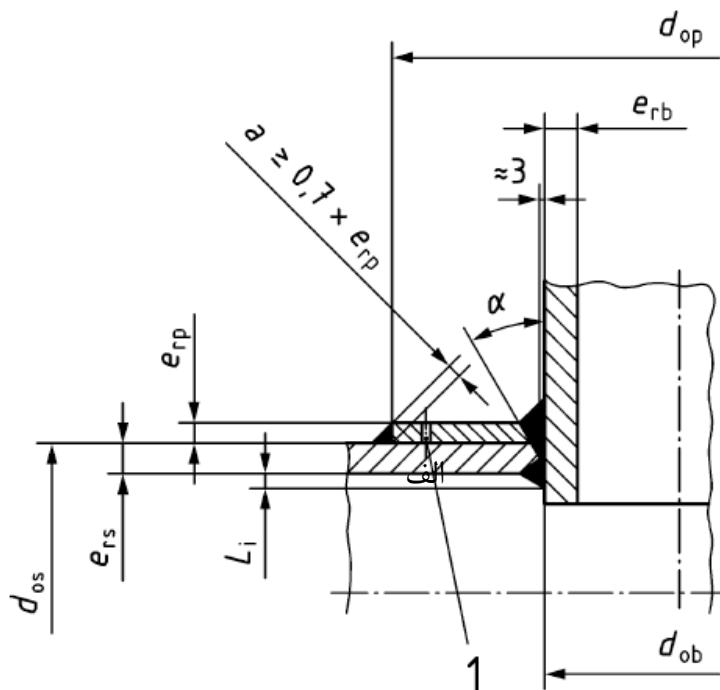
پدهای تقویتی باید مطابق با زیربند ۲-۱-۸ طراحی شوند.

درصورتی که استفاده از پدهای تقویتی (به شکل‌های ۷ و ۸ مراجعه شود)، این پدها باید تماس کاملی با پوسته داشته و باید بهمنظور جلوگیری از محبوس شدن گازها بر روی آن‌ها سوراخ‌هایی (سوراخ خبرکن) تعییه شوند.

۲-۶-۱-۸ ملاحظات فشار

درصورتی که پدهای تقویتی برای تقویت سوراخ‌ها استفاده می‌شوند شرایط زیر باید رعایت شود:
اگر پدهای تقویتی برای تقویت سوراخ‌ها استفاده می‌شوند، جوش انشعاب به پوسته باید الزامات استاندارد EN 12953-4 را برآورده نماید و:

- الف- نسبت قطر انشعاب به قطر پوسته استوانه‌ای d_{is}/d_{ib} نباید از $0,25/0,20$ بیشتر باشد.
- اندازه a در جوش پد به پوسته باید بزرگ‌تر یا مساوی $e_{tp} = 7,0$ باشد (به شکل ۱۰ مراجعه شود)
- ب- بهمنظور مقاصد محاسباتی، ضخامت پد تقویتی باید از ضخامت پوسته بیشتر باشد.



راهنما:

d_{ob} قطر اسمی بیرونی انشعاب

d_{op} قطر بیرونی صفحه جبرانی

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره پوسته بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{tp} ضخامت واقعی دیواره پد تقویتی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

L_i طول پای جوش گوشهدار

I سوراخ خبرکن (تهویه)

α درجه است 30° تا 45°

شکل ۱۰- جوشکاری پدهای تقویتی انشعاب توزده و جوش شده بانفوذ کامل

۷-۱-۸ الزامات کلی برای محاسبات سطوح مقطع و مناطق تحت فشار

قطر داخلی پوسته باید با استفاده از فرمول (۲۲) محاسبه شود.

$$d_{ls} = d_{os} - 2 * (e_s - c_1 - c_2) \quad (22)$$

قطر داخلی انشعاب باید با استفاده از فرمول (۲۳) محاسبه شود.

$$d_{lb} = d_{ob} - 2 * (e_b - c_1 - c_2) \quad (23)$$

هیچ‌گونه حد مجاز خوردگی نباید برای پدها اعمال شود.

برای سطوح مقطع، ضخامت‌ها باید با ضخامت اسمی دیواره با کسر حدود مجاز روداری‌های منفی (c_1) و حد خوردگی (c_2)، محاسبه شود.

در مواقعی که قطعه به وسیله واسطه از هر دو طرف در تماس است، حدود مجاز برای خوردگی باید فقط یکبار در نظر گرفته شود.

۲-۸ ضریب بازده، روش محاسبه جایگزین، بیشینه قطر یک سوراخ تقویت نشده

۱-۲-۸ کلیات

فرمول‌های مندرج در زیربندهای ۳-۲-۸ و ۴-۲-۸ می‌توانند به عنوان جایگزین فرمول‌های ۳-۳-۸ و ۴-۳-۸ به کاربرده شوند. با این وجود چنانچه هرگونه تقویتی از انشعاب در نظر گرفته نشده باشد، فرمول (۲۶) می‌تواند نتیجه محافظه کارانه‌ای به وجود آورد.

۲-۲-۸ بازده مجاز و بیشینه قطر یک سوراخ تقویت نشده

با تغییرات در فرمول (۱۶)، بازده مجاز v_a باید بر حسب ضخامت دیواره موجود e_{rs} یک پوسته با استفاده از فرمول (۲۴) محاسبه شود:

$$v_a = \frac{p_e d_{is}}{(2 f_s - p_e) e_{rs}} \quad (24)$$

در صورتی که ضخامت دیواره یک انشعاب منفرد فقط بتواند فشار داخلی را تحمل کند، برای این ضریب کارایی باید بزرگ‌ترین قطر خارجی d_{ob} یک انشعاب منفرد به دست آید.

$$d_{ob\ max} = 2 \left(\frac{l_{rs}}{v_a} - l_{rs} \right) \quad (25)$$

در این حالت تنש میانگین موجود f_a باید با تنش مجاز پوسته f_s برابر باشد.

۳-۲-۸ سوراخ‌های منفرد

فرمول‌ها در این زیربند باید برای سوراخ‌های منفرد به کاربرده شوند یا اگر بیش از یک سوراخ وجود دارد، فقط در صورتی که نتیجه فرمول (۲۱) رضایت‌بخش باشد می‌توان از این فرمول‌ها استفاده نمود. در حالتی که بیش از یک سوراخ وجود دارد، جائی که فرمول (۲۱) رضایت‌بخش نباشد باید به زیربند ۳-۳-۸ رجوع کرد. با این وجود سوراخ‌های منفرد تقویت نشده با قطر d در پوسته‌های استوانه‌ای در صورتی مجاز می‌باشند که الزامات فرمول‌های (۲۶) و (۲۷) را برآورده نمایند:

$$d \leq 0,14 l_{rs} \quad (26)$$

و

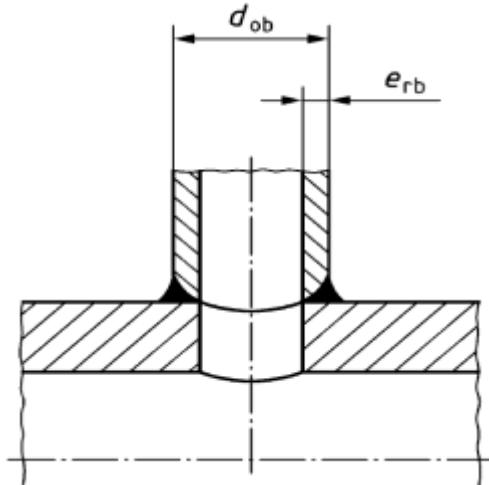
$$e_{rs} < 0,1 d_{os} \quad (27)$$

که در آن l_{rs} باید مطابق با زیربند ۳-۱-۸ محاسبه شود.

این موارد باید برای سوراخ‌کاری متله برقو و برای سوراخ‌های بانفوذ ناقص نیز معتبر باشد حتی اگر فرمول‌های (۲۹) یا (۳۲) یا محاسبات دقیق‌تر مطابق با زیربند ۳-۳-۸، قطر d کوچک‌تری (همان‌گونه که از فرمول (۲۶) حاصل می‌شود) را پیشنهاد دهند.

جایی که لوله‌ای با قطر خارجی d_{ob} به یک سوراخ مطابق شکل ۱۱ متصل شود و آن لوله قادر به تحمل فشار محاسباتی داخلی با احتساب ضخامت دیواره e_{rb} باشد، ضریب بازده v_b این سوراخ در پوسته باید با فرمول زیر محاسبه شود:

$$v_b = \frac{2l_{rs}}{(2l_{rs} + d_{ob})} \quad (28)$$



راهنمای:

d_{ob} قطر اسمی بیرونی انشعاب
 e_{rb} ضخامت واقعی انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

شکل ۱۱- لوله متصل شده به پوسته

در صورتی که قطر d_{is} و ضخامت دیواره پوسته e_{rs} مشخص شده باشد، یک سوراخ منفرد برای لوله‌ای با بیشینه قطر خارجی زیر مجاز می‌باشد.

$$d_{ob} \leq 2l_{rs} \left[\frac{2e_{rs}}{d_{is}} \left(\frac{f_s}{p_c} - \frac{1}{2} \right) - 1 \right] \quad (29)$$

۴-۲-۸ سوراخ‌های مجاور

جایی که موقعیت فاصله مرکز به مرکز P_Φ سوراخ‌های مجاور ارائه شده در زیربند ۳-۱-۸ برآورده نشود و لوله‌ها با قطر بیرونی d_{ob} به سوراخ متصل شوند، با لوله‌هایی که فقط قادر به تحمل فشار محاسباتی داخلی با احتساب ضخامت دیواره e_{rb} باشند، ضریب بازده سوراخ‌های مجاور باید از فرمول‌های (۳۰) و (۳۱) به دست آیند.

$$v_m = \frac{2(P_\Phi - d_{ob})}{(1 + \cos^2 \Phi) P_\Phi} \leq 1 \quad (30)$$

یعنی برای گام طولی P_Φ با $\Phi = 0^\circ$:

$$v_m = \frac{P_\Phi - d_{ob}}{P_\Phi} \quad (31)$$

جایی که قطرهای بیرونی سوراخهای مجاور نسبت به هم تفاوت دارند الزامات فرمول (۳۲) باید به کاربرده شود:

$$d_{ob} = \frac{d_{ob1} + d_{ob2}}{2} \quad (32)$$

به جای محاسبات تقریبی مورد استفاده در این زیربند، زیربند ۸-۳-۴ می‌تواند استفاده شود.

۳-۸ سوراخها و انشعابات در پوسته‌ها (بازده و تقویتی)

۱-۳-۸ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

علاوه بر نمادهای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۱۵۶، نمادهای اشاره شده در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ نیز باید مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۳-۸ الزامات کاربردی

۱-۲-۳-۸ سوراخها

قوانين مشخص شده در زیربندهای ۸-۳-۸ تا ۴-۳-۸ باید برای سوراخهای دایره‌ای، بیضوی و لوبیایی و نازل‌ها (از جمله نازل‌های مورب) که به صورت منفرد یا گروهی بر روی پوسته قرار گرفته‌اند، اعمال شوند مشروط بر اینکه شرایط زیر در مورد آن‌ها به طور رضایت‌بخش برآورده شود:

- الف- دریچه‌ها و نازل‌های غیر شعاعی متصل به پوسته (شکل ۱۳) نسبت محورهای بزرگ به کوچک دریچه نباید از عدد ۲ بیشتر شود.
- ب- نازل‌های مورب (شکل ۱۲)

این نازل با سطح مقطع دایره‌ای است و زاویه بین محور نازل و خط نرمال سطح پوسته نباید از 45° بیشتر باشد.

پ- کلیه نازل‌ها

هیچ‌گونه نیرو و گشتاور خارجی قابل توجهی نباید به نازل اعمال شود. در غیر این صورت، برای محاسبه تنش‌های ایجاد شده باید از استاندارد ۳-۲۰۱۴:۱۳۴۴۵ EN استفاده شود.

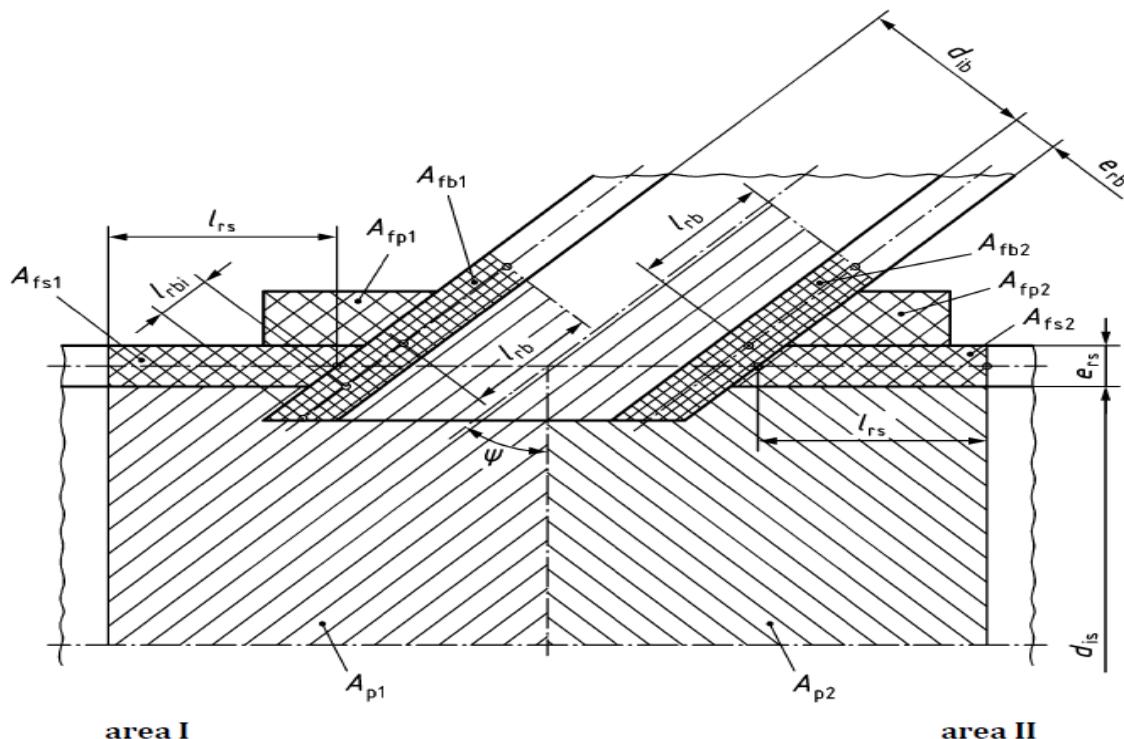
در محاسبات باید از قطر داخلی نازل d_{ib} استفاده شود حتی اگر قطر سوراخ d در بدنه اصلی کمتر از d_{ib} باشد.

اتصالات نازل به پوسته بدون جوش بانفوذ کامل یا انشعابات توزده با جوش گوشهای، باید به عنوان سوراخهای بدون تقویت به وسیله نازل در نظر گرفته شوند.

منطقه تحت‌فشار در سوراخ لوله باید در نظر گرفته شود. در حالت لوله‌های توزده با یک جوش گوشهای داخلی، آن منطقه تحت‌فشار باید همانند یک جوش بانفوذ کامل تلقی شود.

۲-۲-۳-۸ کمینه ضخامت نازل‌ها و اتصالات انشعاب

ضخامت نازل‌ها و انشعابات باید مطابق با زیربند ۱-۲-۱-۸ ب باشد، اما ضخامت آن‌ها نباید کمتر از مقدار ارائه شده دریند ۱۲ باشد.



راهنمای:

A_{fs} سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_p سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fp} سطح مقطع پد تقویتی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{is} قطر داخلی بدنه اصلی

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

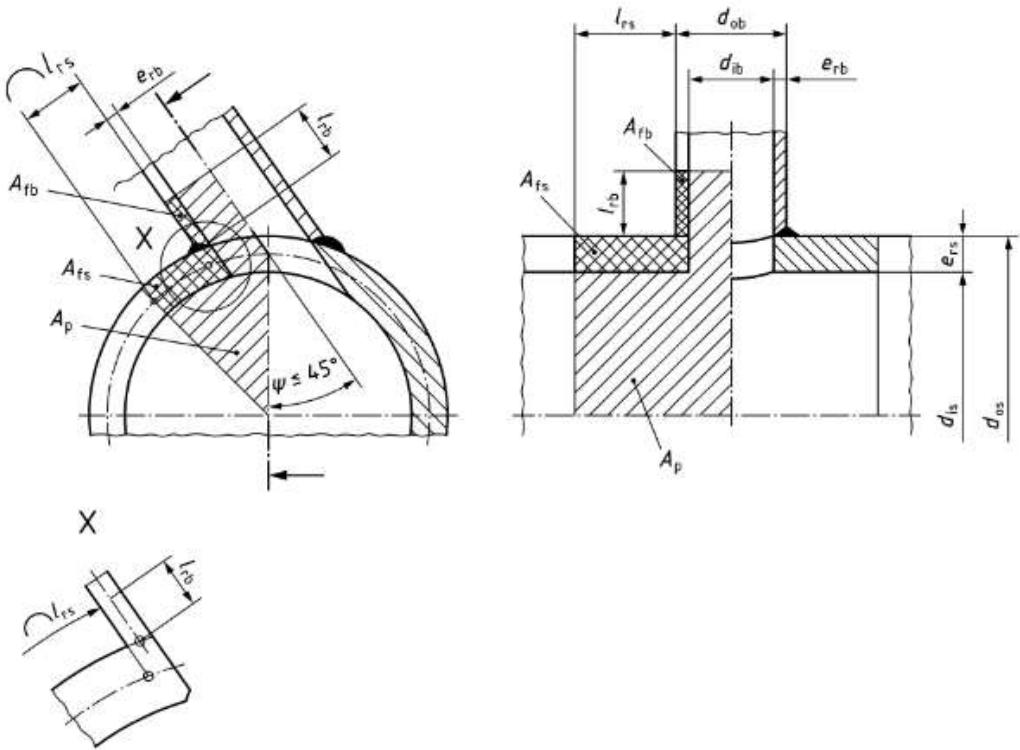
e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک کننده به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بدنه اصلی کمک کننده به تقویت

$\Psi \leq 45^\circ$

شکل ۱۲- نمای بارگذاری برای پوسته استوانه‌ای با انشعاب مورب و پد تقویتی



راهنما:

A_{fs} سطح مقطع بدنه اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_p سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{is} قطر داخلی بدنه اصلی

d_{ob} قطر اسمی خارجی انشعاب

d_{os} قطر خارجی اسمی بدنه اصلی

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدنه اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

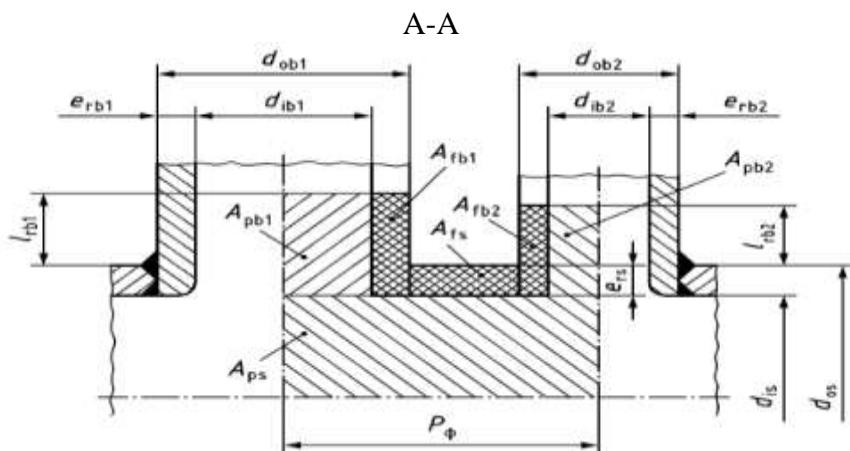
l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک کننده به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بدنه اصلی کمک کننده به تقویت

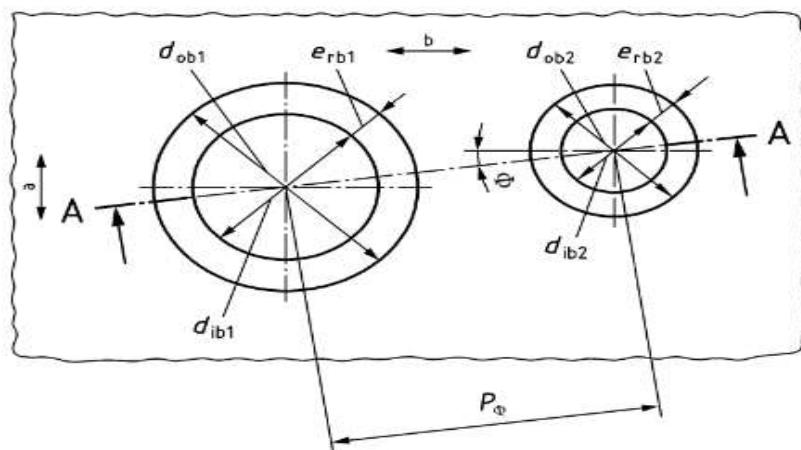
$\Psi \leq 45^\circ$

شکل ۱۳- نمای بارگذاری برای پوسته استوانه‌ای با انشعاب غیرشعاعی

الف-نمای مقطع A-A



ب-نمای نقشه



راهنمای:

A_{fs} سطح مقطع بدن اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

A_{pb} سطح تحت فشار مرتبط با انشعاب

A_{ps} سطح تحت فشار مرتبط با بدن اصلی

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{is} قطر داخلی بدن اصلی

d_{ob} قطر خارجی اسمی انشعاب

d_{os} قطر خارجی اسمی بدن اصلی

e_{rb} ضخامت واقعی دیواره انشعاب یا نازل بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدن اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک کننده به تقویت

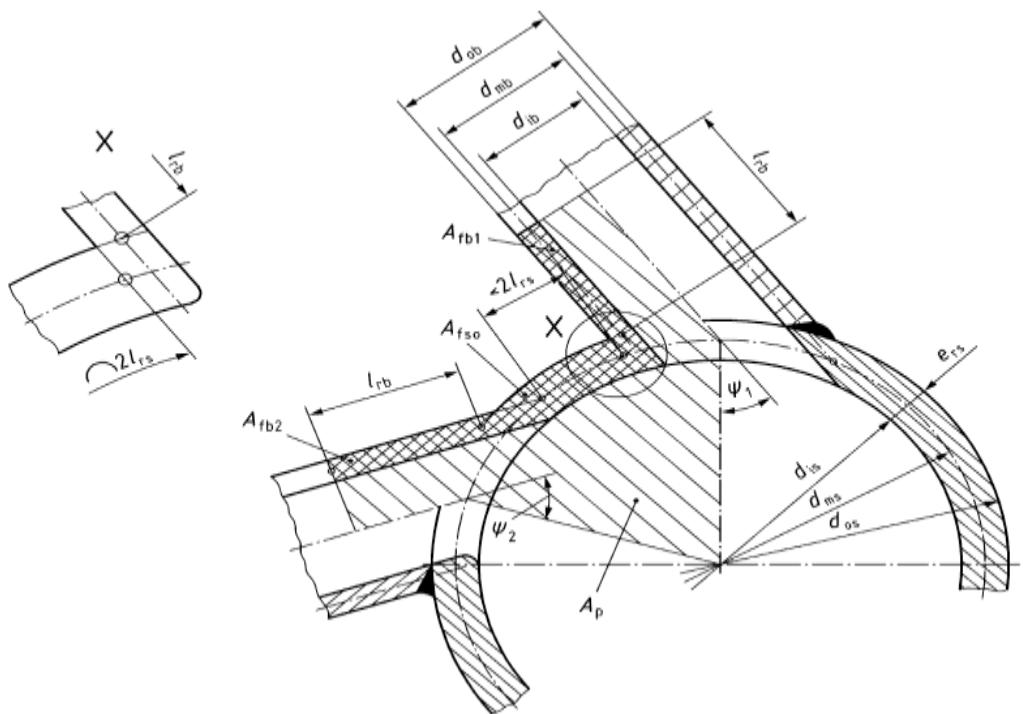
P_Φ فاصله مرکز به مرکز سوراخ های مجاور، با زاویه Φ نسبت به خط مرکزی دیواره

a جهت محیطی

b جهت طولی

یادآوری- برای نمای مقطع A-A، $A_{fb} = 0$ برای $P_\Phi = 0$ رسم شده است.

شکل ۱۴- نمای بارگذاری برای پوسته استوانه ای با انشعاب های هم جوار که با زاویه Φ نسبت به محور پوسته قرار گرفته است



راهنمای:

A_{fs} سطح مقطع بدن اصلی مؤثر به عنوان جبرانی

A_{fb} سطح مقطع انشعاب مؤثر به عنوان جبرانی

A_p سطح تحت فشار بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

d_{os} قطر خارجی اسمی بدن اصلی

d_{ms} قطر میانگین بدن اصلی

d_{is} قطر داخلی بدن اصلی

d_{ob} قطر خارجی اسمی انشعاب

d_{mb} قطر میانگین انشعاب

d_{ib} قطر داخلی انشعاب بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

e_{rs} ضخامت واقعی دیواره بدن اصلی بدون در نظر گرفتن حدود مجاز

l_{rb} طول مؤثر انشعاب کمک کننده به تقویت

l_{rs} طول مؤثر بدن اصلی کمک کننده به تقویت

شکل ۱۵- نمای بارگذاری برای پوسته استوانه‌ای با انشعاب‌های غیرشعاعی مجاور که بر روی محیط قرار گرفته‌اند

۳-۳-۸ طراحی سوراخ‌های منفرد و اتصالات انشعاب

۱-۳-۳-۸ کلیات

ضخامت پوسته e_{rs} و ضخامت اتصال انشعاب e_{rb} نباید کمتر از اندازه محاسبه شده در زیربند ۲-۷ با $v = 1$ باشد.

۲-۳-۸ سوراخ منفرد با یک انشعاب شعاعی

۱-۲-۳-۸ برای سوراخ‌های منفرد نصب شده با یک انشعاب شعاعی بدون تقویت اضافی، باید علاوه براین، زیربند $\Psi_1 = ۰$ در نظر گرفته شود.

۲-۳-۸ اگر تنش طراحی انشعاب بزرگ‌تر یا مساوی تنش طراحی پوسته باشد شرط فرمول (۳۳) باید برآورده شود:

$$f_a = p_c \left(\frac{A_p}{A_{fs} + A_{fb}} + \frac{1}{2} \right) \leq f_s \quad (33)$$

در این حالت کارایی باید مطابق فرمول زیر باشد:

$$v_b = \frac{d_{is} (A_{fs} + A_{fb})}{2 e_{rs} A_p} \leq 1 \quad (34)$$

یادآوری- می‌توان بهجای این محاسبات تقریبی مطابق با زیربند ۲-۸ استفاده نمود، که در این صورت اثر تقویتی نازل‌ها نباید در نظر گرفته شود.

۳-۲-۳-۸ اگر تنش طراحی انشعاب کمتر از تنش طراحی پوسته باشد شرط فرمول (۳۵) باید برآورده شود:

$$f_a = \frac{p_c (2 A_p + A_{fs} + A_{fb})}{2 \left(A_{fs} + \frac{f_b}{f_s} A_{fb} \right)} \leq f_s \quad (35)$$

در این حالت بازده باید مطابق فرمول زیر باشد:

$$v_b = \frac{d_{is} \left(A_{fs} + \frac{f_b}{f_s} A_{fb} \right)}{e_{rs} \left(2 A_p + A_{fb} - \frac{f_b}{f_s} A_{fb} \right)} \leq 1 \quad (36)$$

یادآوری- می‌توان بهجای این محاسبات جایگزین مطابق با زیربند ۲-۸ استفاده نمود، که در این صورت اثر تقویتی نازل‌ها نباید در نظر گرفته شود.

۳-۳-۸ سوراخ منفرد با یک انشعاب مورب و پد تقویتی اضافی

۱-۳-۸ برای سوراخ‌های منفرد نصب شده با یک انشعاب مورب و پد تقویت اضافی مطابق با شکل ۱۲، الزامات طراحی پدهای تقویتی در زیربند ۱-۸ نیز باید در نظر گرفته شود.

۳-۳-۲-۲ اگر تنش طراحی انشعاب بزرگ‌تر یا مساوی با تنش طراحی پوسته باشد، شرایط استحکام ناحیه I باید مطابق فرمول زیر باشد:

$$f_{aI} = p_c \left(\frac{A_{pI}}{A_{fsI} + A_{fbI} + 0,7 A_{fpI}} + \frac{1}{2} \right) \leq f_s \quad (37)$$

و برای ناحیه II :

$$f_{aII} = p_c \left(\frac{A_{pII}}{A_{fsII} + A_{fbII} + 0,7 A_{fpII}} + \frac{1}{2} \right) \leq f_s \quad (38)$$

۳-۳-۳-۲ اگر تنش طراحی مواد انشعاب یا مواد پد تقویت اضافی کمتر از تنش طراحی پوسته باشد، شرایط استحکام ناحیه I باید مطابق فرمول زیر باشد:

$$\left(f_s - \frac{p_c}{2} \right) A_{fsI} + \left(f_b - \frac{p_c}{2} \right) A_{fbI} + \left(f_p - \frac{p_c}{2} \right) 0,7 A_{fpI} \geq p_c A_{pI} \quad (39)$$

و برای ناحیه II :

$$\left(f_s - \frac{p_c}{2} \right) A_{fsII} + \left(f_b - \frac{p_c}{2} \right) A_{fbII} + \left(f_p - \frac{p_c}{2} \right) 0,7 A_{fpII} \geq p_c A_{pII} \quad (40)$$

۴-۳-۳-۸ پوسته‌های استوانه‌ای با یک انشعاب غیرشعاعی

جایی که انشعاب در پوسته‌های استوانه‌ای در جهت شعاعی قرار نداشته باشد (به شکل ۱۳ مراجعه شود)، اما تحت زاویه (۴۵) قرار گیرد، بارگذاری بیشتر می‌تواند در سطح مقطع شکل ۱۳ یا در مقطع طولی شکل ۱۳ ایجاد شود. در هر دو حالت با استفاده از سطوح A_{fs} ، A_{fb} و A_{fp} که در اشکال مربوطه بهمنظور استفاده در محاسبات، ارائه شده، شرایط استحکام مطابق فرمول (۳۳) باید اعمال شود. طول‌های کمک‌کننده در پد تقویتی (طول‌های مؤثر) باید فقط در محاسبات بدنه اصلی مطابق با فرمول (۱۸) یا در اتصال انشعاب به ترتیب مطابق با فرمول‌های (۱۹) یا (۲۰) استفاده شوند.

ضخامت دیواره انشعاب e_{rb} نباید بیش از ضخامت دیواره پوسته e_{rs} باشد

۴-۳-۸ طراحی سوراخ‌ها و اتصالات انشعاب مجاور

۱-۴-۳-۸ کلیات

سوراخ‌های مجاور، علاوه بر این که باید الزامات سوراخ‌های منفرد را برآورده نمایند باید محاسبه شوند.

۸-۴-۳-۸ شرایط سوراخ‌ها و انشعابات مجاور

تنها در صورتی که شرایط ارائه شده در زیربند ۸-۳-۱-۸ برای سوراخ‌های منفرد یا اتصالات انشعاب منفرد، برای سوراخ‌ها و انشعابات مجاور برآورده نشده باشد، محاسبات باید انجام شود.

۸-۴-۳-۸ پوسته با تنش طراحی کمتر از انشعابات

برای سوراخ‌ها یا اتصالات انشعاب مجاور، استحکام باید برای سطح مقطعی با زاویه Φ نسبت به خط طولی پوسته مطابق شکل ۱۴، محاسبه شود. شرط استحکام فرمول (۴۱) باید برآورده شود:

$$f_{a\Phi} = \frac{p_c}{2} \frac{\frac{2A_{p0}}{2} + 2A_{p1} + 2A_{p2}}{A_{fs0} + A_{fb1} + A_{fb2}} + \frac{p_c}{2} \leq f_s \quad (41)$$

گام‌های مورب یا محیطی باید همانند یک گام طولی مطابق شکل ۱۴ با یک‌فاصله مرکزی P_ϕ محاسبه شوند. در این حالت سطح فشار $2A_{p0}(1 + \cos^2 \phi)/2$ باید به وسیله ضریب در شرط استحکام مطابق با فرمول (۴۴) تصحیح شود. کارایی باید برابر با فرمول زیر باشد:

$$v_m = \frac{d_{is}}{e_{rs}} \frac{A_{fs0} + A_{fb1} + A_{fb2}}{\frac{2A_{p0}}{2} + 2A_{p1} + 2A_{p2}} \leq 1 \quad (42)$$

یادآوری - می‌توان به جای این محاسبات از محاسبات تقریبی مطابق با زیربند ۸-۸ استفاده نمود، که در این صورت اثر تقویتی نازل‌ها نباید در نظر گرفته شود.

۸-۴-۳-۸ انشعابات با تنش طراحی کمتر یا مساوی نسبت به پوسته

اگر تنش طراحی یک یا دو انشعاب کمتر از پوسته باشد شرط فرمول (۴۳) باید برآورده شود:

$$f_{a\Phi} = \frac{p_c}{2} \frac{\frac{2A_{p0}}{2} + 2A_{p1} + 2A_{p2} + A_{fs0} + A_{fb1} + A_{fb2}}{A_{fs0} + \frac{f_{b1}}{f_s} A_{fb1} + \frac{f_{b2}}{f_s} A_{fb2}} \leq f_s \quad (43)$$

در این حالت، بازده باید:

$$v_m = \frac{d_{is}}{e_{rs}} \frac{A_{fs0} + \frac{f_{b1}}{f_s} A_{fb1} + \frac{f_{b2}}{f_s} A_{fb2}}{\frac{2A_{p0}}{2} + 2A_{p1} + 2A_{p2} + A_{fb1} + A_{fb2} - \frac{f_{b1}}{f_s} A_{fb1} - \frac{f_{b2}}{f_s} A_{fb2}} \leq 1 \quad (44)$$

یادآوری - می‌توان به جای این محاسبات از محاسبات تقریبی مطابق با زیربند ۸-۸ استفاده نمود، که در این صورت اثر تقویتی نازل‌ها نباید در نظر گرفته شود.

۸-۴-۵-۵ انشعابات مجاور در جهت محیطی

روش محاسبه برای انشعابات مجاور غیرشعاعی محیطی مطابق شکل ۱۵، باید مشابه با انشعابات شعاعی باشد. در این حالت عدد ۱ باید جایگزین ضریب تصحیح $(1 + \cos^2 \phi / 2)$ شود.

۹ سر و انتهای دیگ^۱

۹-۱ کلگی‌های عدسی شده (بشقابی) مقاوم نشده بدون سوراخ

یادآوری - در مورد کلگی‌های عدسی شده مقاوم نشده، به زیربند ۱۰.۲ استاندارد EN 12952-3:2011 مراجعه شود.

۹-۱-۱ کلگی‌های عدسی شده مقاوم نشده تحت فشار داخلی

کمینه ضخامت کلگی‌های عدسی شده مقاوم نشده بدون سوراخ باید مطابق الزامات فرمول‌های (۴۵) و (۴۶) باشد:

$$e_s = e_{cs} + c_1 + c_2 \quad (45)$$

که e_{cs} از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$e_{cs} = \frac{p_c d_0 C}{2 f} \quad (46)$$

علاوه بر این، ضخامت کلگی سهموی نباید کمتر از اندازه داده شده در فرمول (۴۷) باشد:

$$e_{cs} = \frac{p_c r_{is}}{2 f - 0,5 p_c} \quad (47)$$

ضریب شکل C برای کلگی‌های عدسی شده مقاوم نشده بدون سوراخ باید از شکل ۱۶ بدست آید. با این حال شرایط محدودکننده زیربند ۹-۱-۲ باید اعمال شود.

۹-۱-۲ شرایط محدودکننده

شرایط محدودکننده باید مطابق زیر باشد:

الف - کلگی‌های نیمه کروی

$$0,005 d_0 \leq e_{cs} \leq 0,16 d_0;$$

ب - کلگی‌های بیضوی

$$0,005 d_0 \leq e_{cs} \leq 0,08 d_0 \text{ and}$$

$$h_c \geq 0,18 d_0;$$

پ-کلگی‌های سهموی

$0,005 d_0 \leq e_{cs} \leq 0,08 d_0$

$r_{ik} \geq 0,1 d_0$

$r_{is} \geq 2 e_{cs}$

$r_{is} \leq d_0$

$h_c \geq 0,18 d_0;$

یا

$0,01 d_0 \leq e_{cs} \leq 0,03 d_0$

$r_{ik} \geq 0,1 d_0$

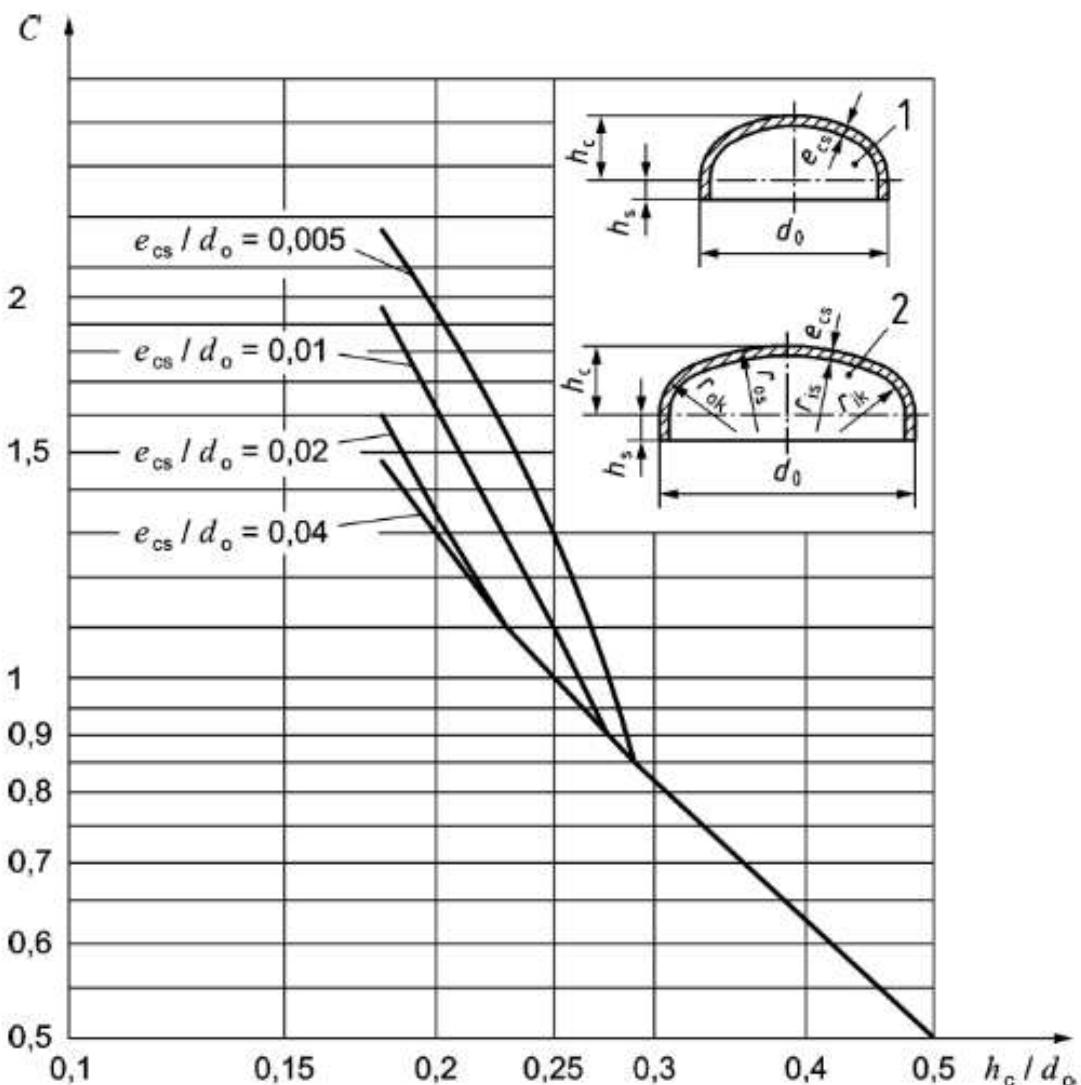
$h_c \geq 0,18 d_0;$

or

$0,02 d_0 \leq e_{cs} \leq 0,03 d_0$

$r_{ik} \geq 0,1 d_0$

$0,18 d_0 \leq h_c \leq 0,22 d_0.$



راهنمای:

C ضریب شکل برای کلگی‌های عدسی‌شده مقاوم نشده بدون سوراخ
 d_0 قطر اسمی خارجی

e_{cs} ضخامت دیواره محاسبه شده بدنه اصلی (پوسته‌های استوانه‌ای یا کروی یا انتهای عدسی‌شده) بدون در نظر گرفتن حدود مجاز
 h_c عمق انحنای کلگی عدسی‌شده (با شانه، بدون دورتا دور استوانه‌ای^۱)

h_s ارتفاع دور تا دور استوانه‌ای انتهای عدسی‌شده

r_{ik} شعاع داخلی عدسی‌شدن انتهای عدسی‌شده یا شانه یا شیار آزادی سرو انتهای تخت

r_{is} شعاع گوشه داخلی انتهای عدسی‌شده یا پوسته کروی

r_{ok} شعاع خارجی شانه انتهای عدسی‌شده

r_{os} شعاع گوشه بیرونی انتهای عدسی‌شده یا پوسته کروی

1 کلگی بیضوی

2 کلگی سهموی

شکل ۱۶- ضریب شکل C برای کلگی‌های عدسی‌شده مقاوم نشده بدون سوراخ

۳-۱-۹ کلگی‌های عدسی‌شده بدون مقاوم تحت فشار خارجی

فشار محاسباتی p_c باید کمتر از مقادیر بدست آمده از فرمول‌های (۴۸) و (۴۹) باشد:

$$p_c = \frac{e_{cs} R_{p,2tc}}{1,2 r_{os}} \quad (48)$$

$$p_c = \frac{0,8 E}{9 + 0,006 \left(\frac{r_{os}}{e_{cs}} \right)} \left(\frac{e_{cs}}{r_{os}} \right)^2 \quad (49)$$

علاوه بر این، ضخامت کلگی‌های سهموی و بیضوی تحت فشار خارجی نباید کمتر از $1/2$ برابر ضخامت مورد نیاز برای کلگی با همان شکل و تحت فشار داخلی باشد. (به زیربند ۱-۱-۹ مراجعه شود)

۲-۹ درپوش‌های تخت مقاوم نشده با قابلیت جدا شدن

ضخامت این درپوش‌ها باید مطابق فرمول (۵۰) تعیین شود، که در آن d_i در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

$$e_{ch} = C_1 y d_i \sqrt{p_c / f} \quad (50)$$

در صورتی که درپوش‌ها در بیرون دیگ قرار داشته باشند، C_1 باید $41/40$ در نظر گرفته شود، مگر جایی که درپوش‌های از نوع نشان داده شده در شکل ۱۷-ت استفاده شود که در آن پیچش درپوش‌ها، به ممان خمی در ورق اضافه می‌شود در چنین مواردی C_1 ارائه شده در جدول ۱ باید به کار برده شود:

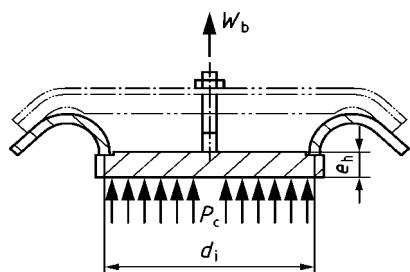
جدول ۱- مقادیر برای C_1

C_1	dL/di
۰,۴۵	۱/۰
۰,۵۰	۱/۱
۰,۵۵	۱/۲
۰,۶۰	۱/۳

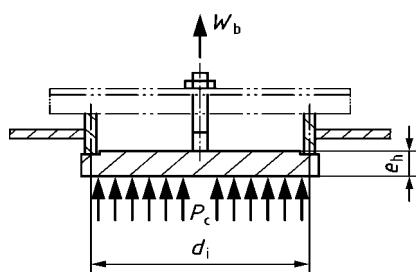
در صورت استفاده از درهای داخلی از نوع اشاره شده در شکل ۱۷ الف و ب، ضریب C_1 باید $0,45$ در نظر گرفته شود.

در محاسبات همچنین باید ممان خمی اضافی که بواسطه پیچش W_b در ورق ایجاد می‌شود در نظر گرفته شود. در صورتی که هیچ محاسبه‌ای برای تعیین نیروی خمی دقیق ناشی از پیچش در نظر گرفته نشود بنابراین P_c باید در ضریب نیروی کمینه $1,5$ ضرب شود.

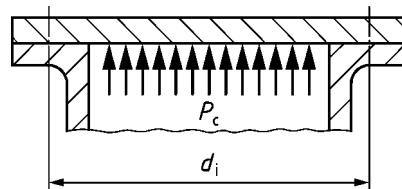
برای صفحات دایره‌ای ضریب u برابر ۱ تعیین می‌شود. برای سر و انتهای بیضوی با محورهای بزرگ و کوچک a و b ضریب u در شکل ۲۲ ارائه شده است. برای محور کوچک b باید استفاده شود. یادآوری- سایر طراحی‌ها برای درپوش‌ها قابل قبول است مشروط بر اینکه محاسبات مطابق با استاندارد شناخته شده‌ای مانند EN 13445-3:2014 انجام شود.



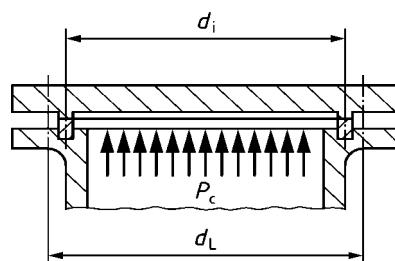
الف



ب



پ



ت

راهنمای:

d_i قطر محاسباتی ناحیه تحت فشار

P_c فشار محاسباتی

e_h ضخامت دیواره صفحه (فقط برای شکل الف و ب قابل استفاده است)

d_L قطر دایره پیچ

W_b بار ناشی از گشتاور پیچ

شکل ۱۷- درپوش‌های تخت مقاوم نشده با قابلیت جدا شدن

۳-۹ صفحات تخت مقاوم نشده

برای همه صفحات تخت مقاوم نشده تا DN 600 می‌توان از جزیيات جوش زیر و الزامات محاسباتی زیربند 3.10 از EN 12952-3:2011 استفاده نمود.

۱۰ صفحات تخت تقویت شده، مقاومها و استحکام دهنده‌ها^۱

۱-۱ فاصله تنفسی برای صفحات تخت

در طراحی اجزای تشکیل دهنده یک دیگ (برای مثال کوره، شبکه‌های لوله) که نسبت به یکدیگر و نسبت به پوسته در دمای متفاوتی کار می‌کنند به واسطه دمای متفاوت کاری، بین آن‌ها انبساط ناشی از این اختلاف دما ایجاد خواهد شد.

این انبساط ناشی از اختلاف دما معمولاً به سمت صفحات انتهایی دیگ و صفحه لوله‌ها منتقل می‌شود که نتایج آن جابجایی است و به این شرایط دیگ، نفس کشیدن گفته می‌شود. به منظور ایجاد انعطاف‌پذیری لازم، فاصله‌های تنفسی موردنیاز است.

مقاومها باید فاصله تنفسی اطراف کوره در صفحه انتهایی دیگ و شبکه‌های لوله را ایجاد نموده و به طور مساوی در مناطق مقاوم نشده تقسیم شوند.

الزمات زیر برای فواصل تنفسی باید در نظر گرفته شود:

- فاصله تنفس بین کوره و شبکه لوله‌ها (به قسمت پ شکل ۱۸ مراجعه شود)، باید کمینه ۵۰ mm یا ۵٪ قطر خارجی پوسته باشد، هر کدام که بزرگ‌تر است، اما لزومی ندارد از ۱۰۰ mm بیشتر باشد.

- فاصله تنفسی C می‌تواند تا ۱۵ mm در مورد کوره‌های چین‌دار استاندارد (با عمق چین ۵۰ mm) و تا ۲۵ mm در مورد کوره چین‌دار عمیق (عمق چین بزرگ‌تر یا مساوی ۷۵mm) کاهش یابد. الزام مشابه‌ای در مورد انتهای جوش کوره اعمال می‌شود.

- فاصله تنفس بین کوره و پوسته (به قسمت الف شکل ۱۸ مراجعه شود) باید به ترتیب مطابق با جدول ۲ و جدول ۳ باشد، اما نباید کمتر از ۵۰ mm باشد یا برای لوله کوره‌های بولینگ هوپ‌ها، فاصله تنفس نباید کمتر از ۷۵ mm باشد.

جدول ۲- فاصله تنفس بین کوره و پوسته اگر $e_h \leq 25\text{mm}$

فاصله تنفس			فاصله بین صفحات انتهای دیگ L_b m	طراحی
کمینه mm	بیشینه mm	درصد اسمی قطر بیرونی %		
50	100	5	$L_b \leq 5.5$ یا استثنا پانویس ^a	صفحات انتهایی درون قرارداده شده
55	110	5.5	$5.5 < L_b \leq 6$	
60	120	6	$6 < L_b \leq 6.5$	
65	130	6.5	$6.5 < L_b \leq 7$	
50	100	5	هر طولی	سر و انتهای لبه‌دار شده

^a استثنا: اگر طراحی مطابق با زیربند ۷-۳ شکل ۲ از استاندارد ملی ایران شماره ۱:۲۲۱۵۶، باشد (ساخت با محفظه برگشتی داخلی)، محدودیت فاصله بین صفحات انتهایی دیگ، نباید اعمال شود.

جدول ۳- فاصله تنفسی بین کوره و پوسته، وقتی ضخامت صفحه انتهایی از 25 mm بیشتر باشد

فاصله تنفس			فاصله بین صفحات انتهایی دیگ L_b m	طراحی
کمینه mm	بیشینه mm	درصد اسمی قطر بیرونی %		
65	130	6.5	$L_b \leq 5.5$	صفحات انتهایی درون قرار گرفته
70	140	7	$5.5 < L_b \leq 6$	
75	150	8	$6 < L_b \leq 6.5$	
80	160	10	$6.5 < L_b \leq 7$	
50	100	5	هر طولی	سر و انتهای لبه‌دار شده

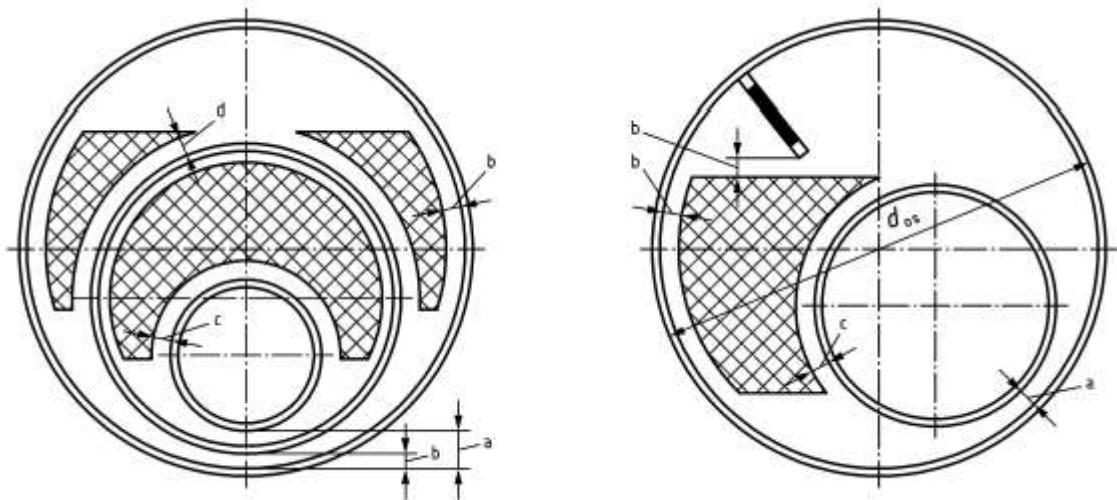
- در مورد دیگ‌های شعله برگشتی، فاصله تنفس در انتهای جلویی بین کوره و شبکه لوله‌ها نباید از 50 mm کمتر باشد. به علاوه حاصل جمع این فاصله تنفسی و فاصله تنفس تشکیل شده توسط سطح دایره‌ای بیرونی صفحه پشتی کوره نباید کمتر از 50 mm یا 5% قطر داخلی پوسته باشد، هر کدام بزرگ‌تر است، و نباید از 100 mm بیشتر شود.

- فاصله تنفسی بین لوله‌های دود و صفحات راپر (به قسمت d شکل ۱۸ مراجعه شود) باید کمینه مقداری برابر با 50 mm یا 3% قطر خارجی پوسته داشته باشد، هر کدام بزرگ‌تر است، اما لزومی ندارد از 100 mm بیشتر باشد.

کاهش فاصله تنفسی:

در مورد محفظه برگشتی استوانه‌ای با پهنانی مجاز کوچک‌تر یا مساوی 650 mm ، فاصله تنفسی d کمتر از اندازه موردنیاز امکان‌پذیر است، با این وجود در هر حالت کمینه فاصله تنفسی 50 mm باید حفظ شود. فاصله تنفس بین کوره‌ها نباید کمتر از 120 mm باشد.

- فاصله‌های تنفسی بین مقاوم‌های رابط یا صفحه‌ای و کوره‌ها نباید کمتر از ۲۰۰ mm باشد، مگر برای قطب‌بیرونی پوسته کمتر از ۱۴۰۰ mm یا یک طول کوره کمتر از ۳۰۰۰ mm، که در این صورت فاصله تنفسی نباید کمتر از ۱۵۰ mm باشد.
- تمام فواصل تنفسی دیگر (به قسمت b شکل ۱۸ مراجعه شود برای مثال لوله‌های دود-پوسته b و صفحات محفظه برگشتی-پوسته b، مقاوم صفحه‌ای-لوله‌های دود b و غیره) باید کمینه ۵۰ mm یا٪ ۳ قطر بیرونی پوسته، هر کدام بزرگ‌تر است، باشد اما لزومی ندارد بیش از ۱۰۰ mm باشد.
- اندازه توصیه شده برای کمینه فاصله تنفسی، به فاصله بین استحکام دهنده‌های حلقوی-لوله‌های دود و بین استحکام دهنده‌های حلقوی-پوسته اشاره نمی‌کند در صورتی که در فرایند تمیزکاری و بازرسی اختلالی ایجاد نکند.
- برای دیگرها بیی که حرارت موردنیاز خود را از طریق بازیافت حرارتی تأمین نموده و دارای کوره نمی‌باشند، الزامات ذکر شده در بالا کاربرد ندارد.



راهنمای:

قطر اسمی خارجی بدنه اصلی d_{os}
فاصله‌های تنفسی (به زیر بند ۱-۱۰ مراجعه شود) d, c, b, a

شکل ۱۸- مثال‌هایی برای فواصل تنفسی

۲-۱۰ سطوح تخت مقاوم شده

۱-۲-۱۰ کلیات

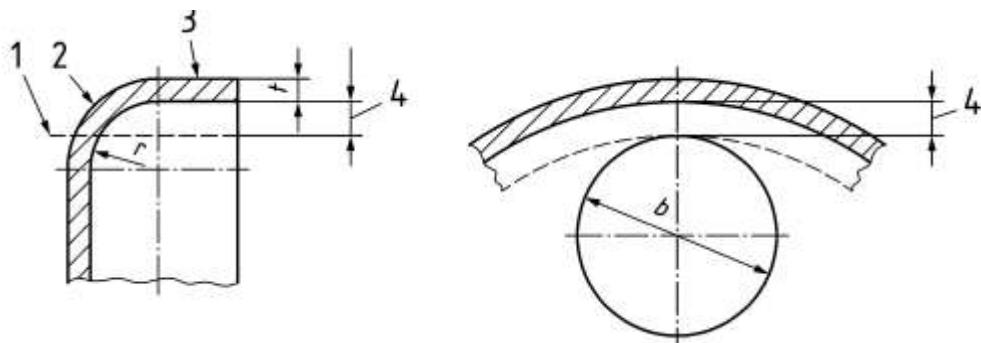
صفحات تخت (برای مثال صفحه لوله محفظه برگشتی، صفحه لوله جلویی و صفحه لوله عقبی) باید به اندازه کافی با استفاده از مقاوم‌های میله‌ای، لوله‌های مقاوم، مقاوم‌های صفحه‌ای و یا ترکیبی از این‌ها تقویت شود. یادآوری - به منظور حفظ ضخامت صفحه تخت، توصیه می‌شود تا حد امکان از تعداد مناسبی از مقاوم‌ها استفاده شود.

۲-۲-۱۰ شعاع لبه (فلنج)

جائی که صفحات تخت لبه‌دار می‌شوند، شعاع داخلی لبه باید کمینه $1/3$ برابر ضخامت صفحه باشد اما نباید از 30 mm کمتر باشد.

۳-۲-۱۱ نقطه اتکا

جائی که انحنای لبه (صفحات سر و انتهای دیگ لبه‌دار شده)، یک نقطه تکیه‌گاهی محسوب شود، این نقطه تکیه‌گاه باید در خطی وسط فاصله بین داخل پوسته و آغاز انحنای $(0,5r)$ ، و یا در خطی به فاصله $2,5$ برابر ضخامت صفحه لوله، که از داخل پوسته یا ورق را پر اندازه‌گیری شده، یا هر کدام به لبه نزدیک‌تر باشد، در نظر گرفته شود (به شکل ۱۹ مراجعه شود). جائی که یک صفحه تخت مستقیماً به پوسته یا ورق را پرجوش می‌شود، نقطه تکیه‌گاهی باید در داخل پوسته یا ورق را پر در نظر گرفته شود (به شکل‌های ۲۰ و ۲۱ مراجعه شود).



راهنمای:

b قطر ناحیه محاسباتی

t ضخامت ورق

r شعاع شانه

۱ نقطه تکیه‌گاهی

۲ انتهای لبه‌دار شده

۳ پوسته یا ورق را پر

۴ هر کدام که کمتر باشد $0,5 \times r$ یا $2,5 \times t$

شکل ۱۹- نقطه تکیه‌گاهی یک انتهای لبه‌دار شده

۴-۲-۱۰ ضخامت

ضخامت قسمت‌هایی از صفحات تخت که به وسیله مقاوم‌ها تقویت‌شده‌اند باید از فرمول‌های (۵۱) و (۵۲) تعیین شوند:

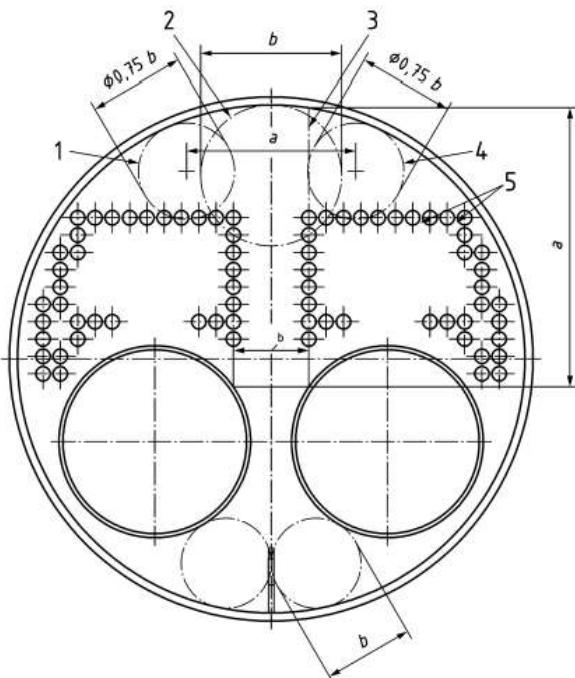
$$e_h = e_{ch} + c_1 + c_2 \quad (51)$$

$$e_{ch} = C_4 b y \sqrt{\frac{p_c}{f}} \quad (52)$$

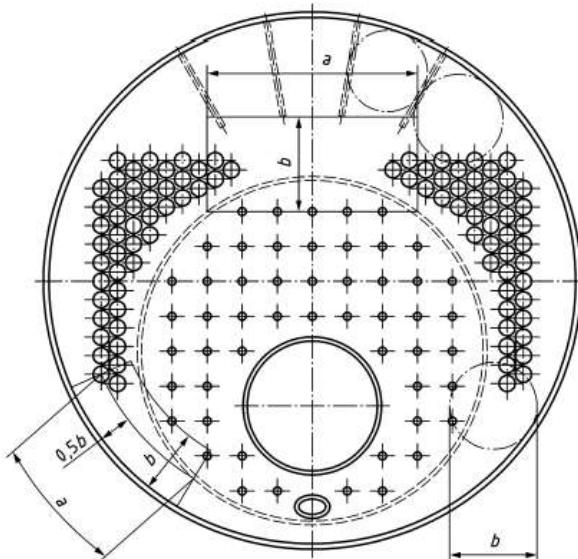
برای نواحی محصورشده توسط دایره‌هایی که از چهار یا بیشتر از چهار نقطه اتکا توزیع شده به‌طور یکسان، عبور می‌کند، لاباید ۱ در نظر گرفته شود.

برای نواحی محصورشده توسط دایره‌های گذرنده از سه نقطه اتکا (به‌طوری‌که مرکز دایره فرعی که از کمینه دونقطه اتکا عبور می‌نماید مطابق با اشکال ۲۰ یا ۲۱ با قطری مساوی با $0.75\sqrt{ab}$ برابر قطر دایره اصلی خارج از دایره اصلی قرار گیرد) یا به دست آمده از نمودار شکل ۲۲ باید با استفاده از ابعاد a و b ارائه شده در اشکال ۲۰ یا ۲۱ مشخص شود. جایی که دایره اصلی از میان سه نقطه اتکا عبور می‌کند، باید بیش از ۲ نقطه در یک طرف هر قطر واقع شوند. در این حالت زناید کمتر از $1/1$ در نظر گرفته شود. برای نواحی حلقوی، به‌طور مثال نواحی که فقط به‌وسیله پوسته و کوره تکیه‌گاه می‌شوند، یا باید 1.56 در نظر گرفته شود.

برای نواحی مقاوم نشده به شکل چهارگوش، ابعاد a و b باید مطابق شکل ۲۰ مشخص شوند.
۳ یا بیشتر از ۳ لوله مقاوم هم‌جوار را می‌توان به عنوان یک نقطه اتکا در نظر گرفت که در این حالت دایره باید کمینه از مرکز ۲ لوله دود عبور نموده و با یکی تماس یک سومی داشته باشد.



الف - مثالی برای دایره‌های اصلی و فرعی (دیگ بخار با کوره دوقلو)



ب - مثالی برای دایره‌های اصلی و فرعی - مناطق مستطیلی (دیگ تک کوره)

راهنما:

a ابعاد ناحیه محاسباتی

b ابعاد ناحیه محاسباتی

1 دایره فرعی

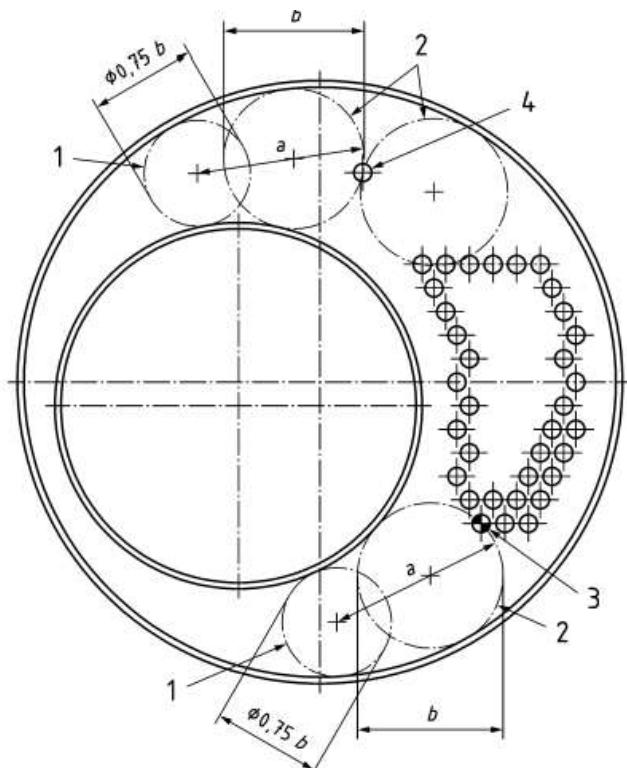
2 دایره اصلی ، قطر b

3 ناحیه چهارگوش مقاوم نشده (به زیر بند ۲-۱۰-۳-امراجعه شود)

4 دایره فرعی

5 لوله‌های دود

شکل ۲۰ - مثالی برای دایره‌های اصلی و فرعی / نواحی مستطیلی



راهنمای:

a بعدهای محاسباتی ناحیه

b بعدهای محاسباتی ناحیه

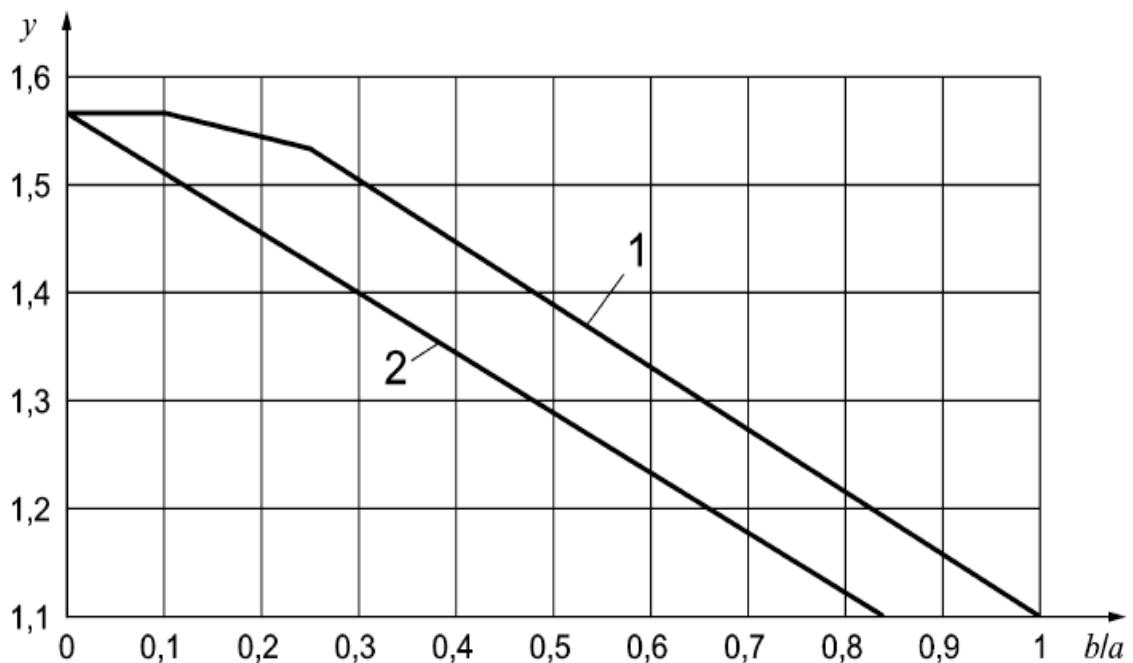
1 دایره فرعی

2 دایره های اصلی

3 لوله دود تقویت شده

4 مقاوم های میله ای / لوله مقاوم

شکل ۲۱- مثالی از دایره های اصلی و فرعی (دیگ تک کوره ای)



راهنما:

y ضریب تعیین شده با استفاده از نسبت b/a

a ابعاد ناحیه محاسباتی

b ابعاد ناحیه محاسباتی

1 نواحی مستطیلی

2 نواحی بیضوی

یادآوری - به زیربند ۴-۲-۱-۰ مراجعه شود.

محل های مستطیلی

$$0.00 < b/a \leq 0.10$$

$$y = 1.56$$

$$0.10 < b/a \leq 0.25$$

$$y = 1.56 - 0.04 * (b/a - 0.10) / 0.15$$

$$0.25 < b/a \leq 1.00$$

$$y = 1.52 - 0.42 * (b/a - 0.25) / 0.75$$

نواحی بیضوی

$$0.00 < b/a \leq 0.83$$

$$y = 1.56 - 0.46 * b/a / 0.83$$

$$0.83 < b/a \leq 1.00$$

$$y = 1.1$$

شکل ۲۲ - تعیین ضریب y

C₄-۲-۱۰ مقادیر ثابت

جایی که شکل های مختلفی از تکیه گاه برای قسمت صفحه تخت به کار گرفته شود، ثابت C_4 ، باید میانگین مقادیر به دست آمده از روش های مختلف مربوط، در نظر گرفته شود.

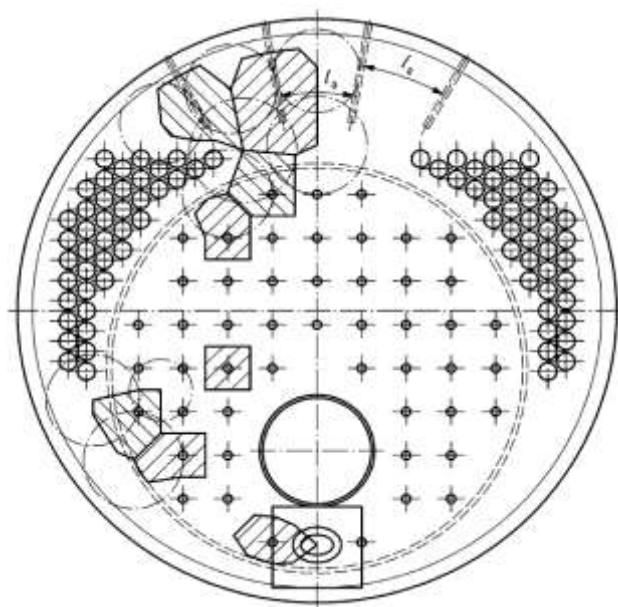
در این استاندارد شرح قرار گرفتن صفحات انتهایی بر روی پوسته ارائه نشده است. با این وجود در موارد خاص، صفحات قرار گرفته بر روی پوسته می توانند برای دیگ های کم فشار (LPB) تعریف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۱۵۶-۱ استفاده شوند. جزئیات محاسبات و جوشکاری در استاندارد EN 14394 آورده شده است.

مقادیر ثابت C_4 در فرمول (۵۲) باید مطابق با جدول ۴ باشد.

جدول ۴ - مقادیر ثابت C_4

مقادیر ثابت C_4	اجزاء
۰,۴۵	صفحات آزاد تقویت شده با وسایل قفل شونده، به عنوان مثال در پوشش های دریچه آدمرو
۰,۴۵	صفحات انتهایی تخت داخل قرار گرفته و جوشکاری شده با نفوذ کامل از یک طرف
۰,۴۵ ۰,۱۶	صفحاتی که در طول محیطشان پیچ می شوند : در صورتی که $D_L/D_b=1$ در صورتی که $D_L/D_b=1,3$ هنگامی که نسبت D_L/D_b بین ۱ و ۳/۱ باشد مقادیر ثابت باید توسط میان یابی خطی مشخص شود.
۰,۳۲	صفحه انتهایی لبه دار شده
۰,۳	مقاوم های صفحه ای
۰,۳	شبکه لوله مقاوم نشده با لوله های ساده جوش شده در هر دو انتهای سطح تحت نیرو باید کمینه در عرض مرکز ۲ لوله دود و تماس یک سوم باشد
۰,۳	لوله کوره های ساده با طول کمتر از ۶ m
۰,۳۲	لوله های کوره ساده با طول بین ۶ تا ۸ m
۰,۳۲	لوله کوره های چین دار با عمق چین کوچک تر با مساوی ۵۰ mm
۰,۳۵ ۰,۳۷	لوله کوره های چین دار با عمق چین بزرگ تر از ۵۰ mm با طول کوچک تر یا مساوی ۶ m با طول بیشتر از ۶ m
۰,۳۵	لوله کوره های بولینگ هوپ
۰,۴۵	مقاوم های میله ای ساده منفرد یا لوله های مقاوم منفرد
۰,۳۹	مقاوم های میله ای ساده غیر منفرد یا لوله های مقاوم غیر منفرد اگر فاصله مراکز بین مقاوم ها بیش از ۲۰۰ mm باشد مقاوم های میله ای و لوله های مقاوم باید به صورت جدا از هم در نظر گرفته شوند
۰,۳۵ ۰,۳۳ ۰,۳۹ ۰,۳ ۰,۴۵	مقاوم های میله ای با واشرهای نوع ۱ مقاوم های میله ای با واشرهای نوع ۲ مقاوم های میله ای و مقاوم های لوله ای محفظه برگشتی (به شکل ۲۹ مراجعه شود) دریچه های دسترسی محفظه برگشتی که از دو طرف جوش شده است (به شکل ۲۸ مراجعه شود) دریچه دسترسی محفظه برگشتی (جایی که جوشکاری مؤثر از پشت امکان بذیر نباشد) (به شکل ۲۸ مراجعه شود)
۰,۳۳ ۰,۳۶ ۰,۳۹ ۰,۴۲	صفحات انتهایی داخل قرار گرفته جوش شده از دو طرف به پوسته با نسبت ضخامت صفحه انتهایی به ضخامت ورق پوسته e_h/e_s
۰,۴	سطح تخت محفظه برگشتی تقویت شده به وسیله استحکام دهنده هایی که به طور پیوسته جوش شده اند، یا سفت کننده های مجهز به راه آب (به شکل ۲۹ الف تا ۲۹ ث مراجعه شود) و با ارتفاع استحکام دهنده بین ۶ تا ۸ برابر ضخامت آن.
۰,۲۷	قسمتی از صفحات انتهایی که حرارت نمی بینند شامل دریچه آدمرو با رینگ تقویتی (به شکل ۳۴ مراجعه شود) زمانی که فاصله لبه رینگ دریچه آدمرو تا لبه های کوره، لوله های دود یا پوسته بیشتر از ۴ برابر ضخامت صفحه انتهایی نباشد (به شکل ۳۰ مراجعه شود). اگر فاصله لبه حلقه آدمرو از تا لبه های کوره، لوله های دود یا پوسته چهار برابر ضخامت صفحه انتهایی بیشتر شود، دریچه آدمرو نادیده گرفته شده و ثابت C_4 باید از میانگین اندازه ها در روش های اتصال ارائه شده در این جدول تعیین شود.

ابعاد بر حسب میلی متر

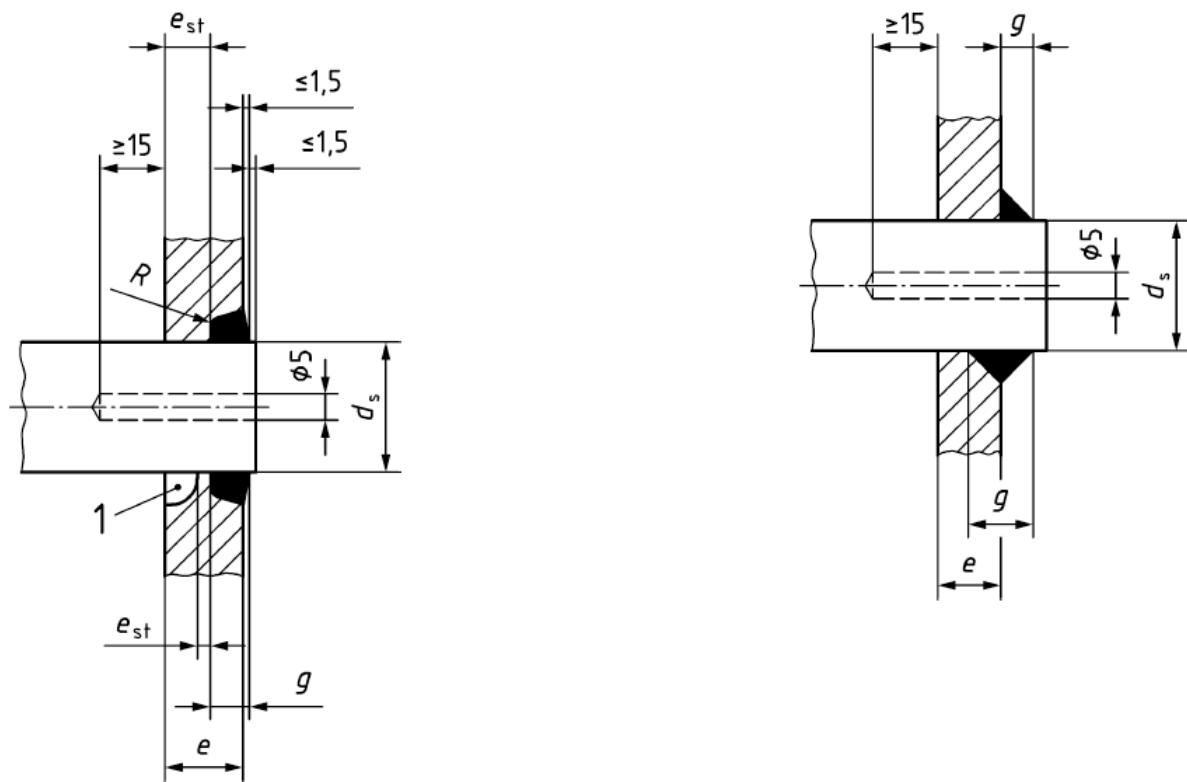


راهنمای:

l_a : فاصله بین خطوط مرکزی مقاومها
یادآوری - به زیربند ۹-۲-۱۰ مراجعه شود.

شکل ۲۳ - مثالی برای نواحی تحت فشار

ابعاد بر حسب میلی‌متر



الف - در معرض حرارت قرار ندارد

ب - در معرض حرارت قرار ندارد

راهنمای:

قطر مقاوم d_s

ضخامت دیواره e

e_{st} ضخامت باقیمانده بعد از نفوذ جوش و شکاف خنک‌سازی

g طول اتصال جوش به مقاوم‌های میله‌ای

R شعاع نفوذ جوش

1 شکاف خنک‌سازی

$g \geq 0.35d_s$ یا محاسبه دقیق

$e_{st} \leq 10$

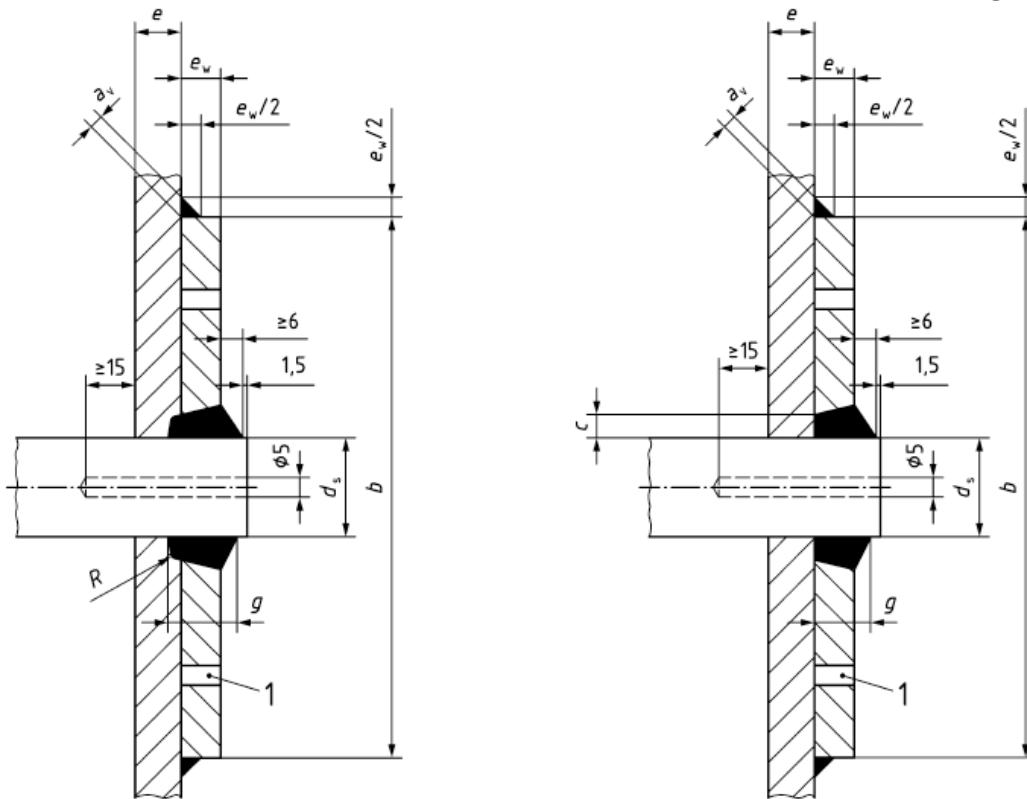
در معرض حرارت قرار دارد: دما گاز دودکش بیشتر از 700°C

در معرض حرارت قرار ندارد: دما گاز دودکش کمتر یا مساوی 700°C

جایی که e کمتر از d_s باشد، شکل ساختار نشان داده شده در شکل ۲۵ باید استفاده شده یا باید محاسبات دقیق انجام شود.

شکل ۲۴ - جزئیات جوش مجاز مقاوم‌های میله‌ای بدون واشر

ابعاد بر حسب میلی متر



راهنمای:

قطر مقاوم d_s

ضخامت دیواره e

ضخامت جوش a_v

قطر واشر b

ضخامت واشر e_w

طول اتصال جوش به مقاومهای میله‌ای g

شعاع نفوذ جوش R

منفذ جهت تهویه ۱

$g \geq 0.35d_s$

$a_v > 0.35e_w$

$b \geq 3.5d_s - 1$

نوع ۲/۳ = b گام مقاومها

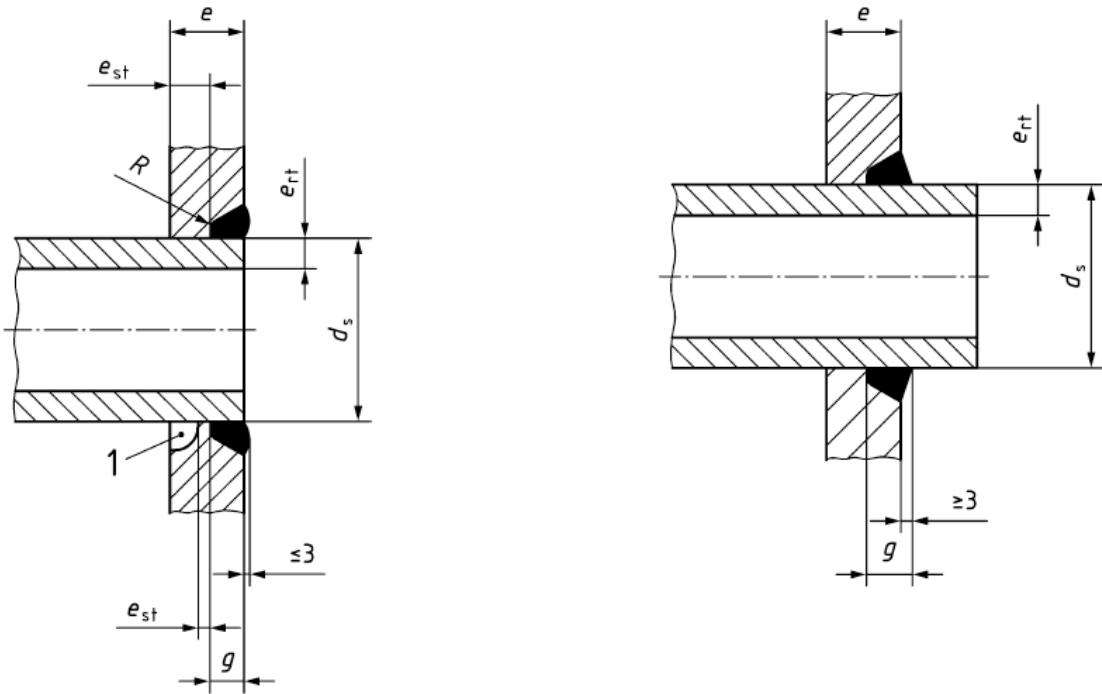
یا $c = (0.15 d_s)$

هر کدام که بزرگ‌تر باشد λmm

یادآوری $e_w \geq 2/3 e$

شکل ۲۵ - جزئیات جوش مجاز مقاومهای میله‌ای با واشر (در معرض حرارت قرار ندارد)

ابعاد بر حسب میلیمتر



الف- در معرض حرارت قرار دارد

ب- در معرض حرارت قرارندازد

راهنمای:

d_s قطر لوله مقاوم

e ضخامت دیواره

e_{tt} ضخامت واقعی دیواره لوله بدون حدود مجاز

e_{st} ضخامت باقیمانده بعد از نفوذ جوش و شیار خنکسازی

g طول اتصال جوش به لوله های مقاوم

R شعاع نفوذ جوش

1 شیار خنکسازی

$g \geq 1.25e_{tt}$ یا محاسبه دقیق

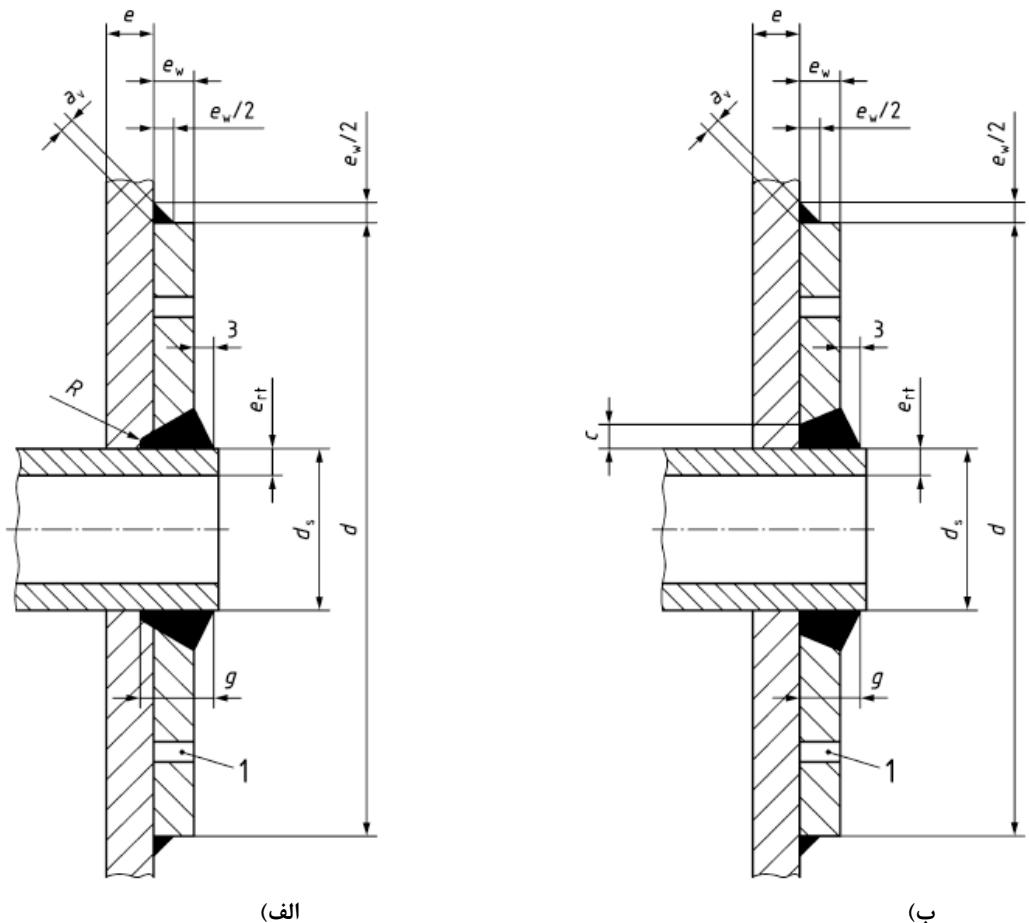
$e_{st} \leq 10$

در معرض حرارت قرار دارد: دما گاز دودکش بیشتر از 700°C

در معرض حرارت قرار ندارد: دما گاز دودکش کمتر یا مساوی 700°C

شکل ۲۶- جزئیات جوش لوله های مقاوم بدون واشر

ابعاد بر حسب میلی متر



راهنمای:

قطر لوله مقاوم ds

ضخامت دیواره e

e_{rt} ضخامت واقعی دیواره لوله بدون حدود مجاز

جوش خامت ض a_v

قطر واشر d

واشر ضخامت e_w

g طول اتصال جوش

جوش نفوذ شاعر R

1 منفذ جهة تهويه

$$g \geq 0.35d_s$$

$a_v > 0.5e_w$

$d \geq 3.5 ds + 1$ s.d.

نەع ٢ : بھ = 2/3 گام

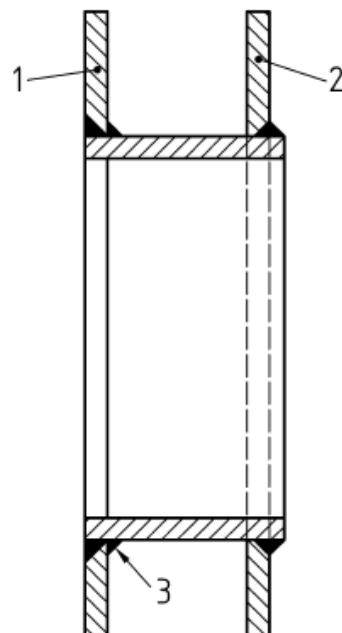
mm & C=(0.15 d_s)

$$-\zeta e - \zeta = -\zeta e \geq 2/3 e = e \cdot \tilde{e} / 3$$

یادآوری - $e_w \geq 2/3 e$ جایی که e_w کمتر از d_s باشد شکل ساختار ارائه شده در شکل ۲۷ الف لازم است که استفاده شود.

شکل ۲۷- جزئیات جوش مجاز لوله‌های مقاوم با واشرها (در معرض حرارت قرار ندارد)

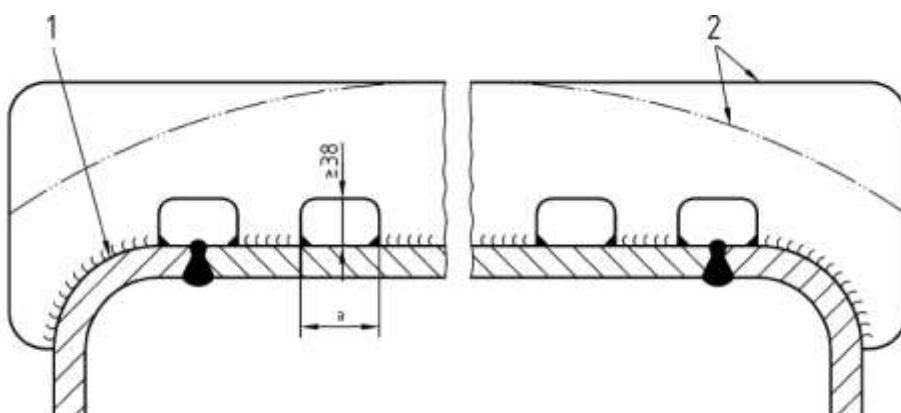
ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنمای:

- 1 صفحه محفظه احتراق
- 2 صفحه انتهای پشتی
- 3 جوش آب‌بند

شکل ۲۸- دریچه دسترسی برای دیگ‌های عقب مرطوب



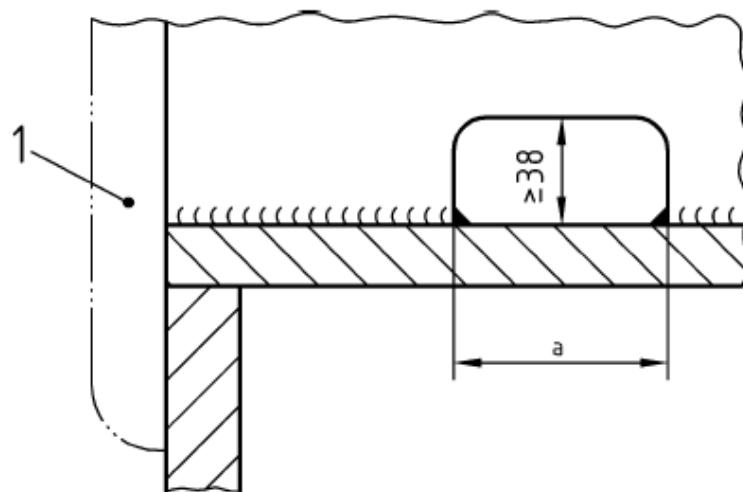
راهنمای:

- 1 ممکن است برای متعلقات ثابت، جوش شده باشد
 - 2 شکل جایگزین تیر حمال (به یادآوری توجه کنید)
- a پهنه‌ای مجرای آب

یادآوری- تیرهای حمال ممکن است به صورتی که با خط کامل یا خط‌چین نشان داده شده است، شکل داده شود.

الف - روش جوشکاری تیر حمال به یک محفظه‌های برگشته با انتهای لبه‌دار شده

ابعاد بر حسب میلی متر

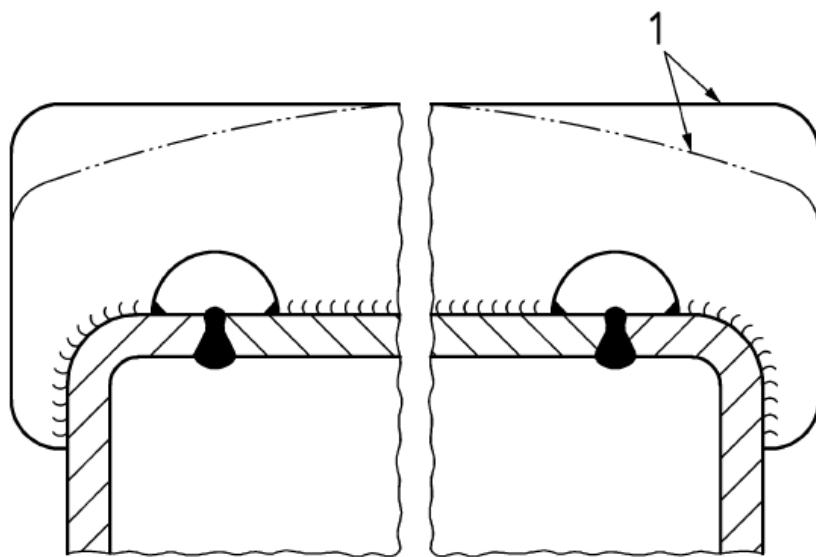


راهنمای:

۱ تیر حمال ممکن است روی انتهای محفظه برگشتی اجرا شود

^a پهنای مجرای آب

ب-روش جوشکاری تیر حمال به محفظه برگشتی با انتهای تخت

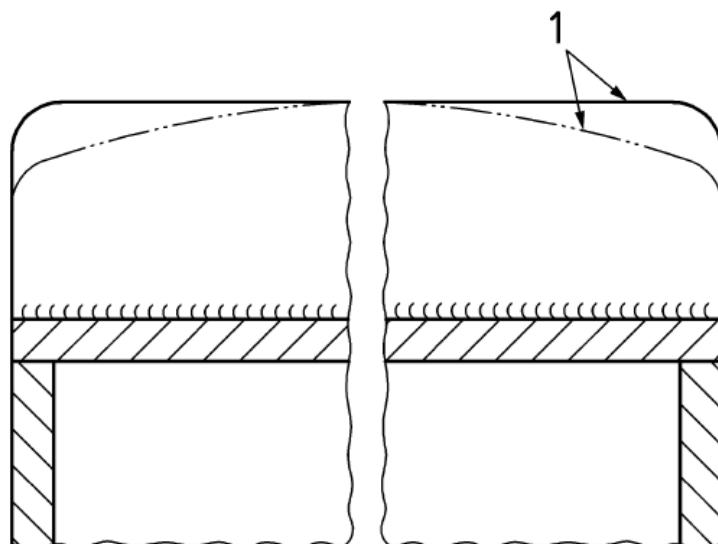


راهنمای:

۱ شکل جایگزین تیر حمال

یادآوری- تیرهای حمال ممکن است به صورتی که با خط کامل یا خطچین نشان داده شده است، شکل داده شود.

پ-تیر حمال جوش شده به محفظه برگشتی دارای صفحه لوله لبه دار شده و صفحه برگشتی

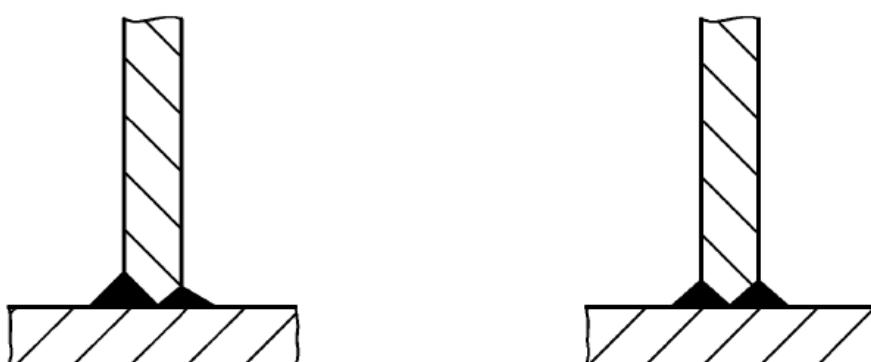


راهنمای:

۱- شکل جایگزین تیر حمال

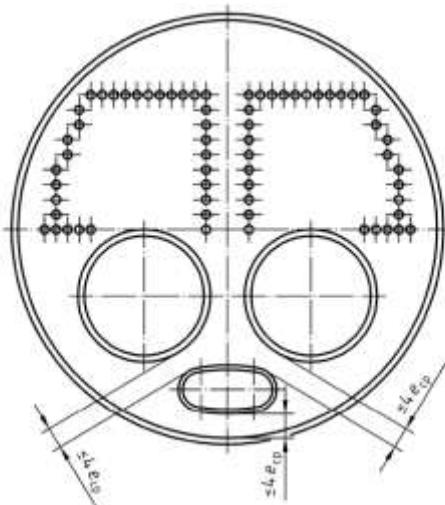
یادآوری- تیرهای حمال ممکن است بصورتی که با خط کامل یا خط‌چین نشان داده شده است، شکل داده شود.

ت- تیر حمال جوش شده به محفظه برگشتی که دارای گوشه‌های چهارگوش می‌باشد.

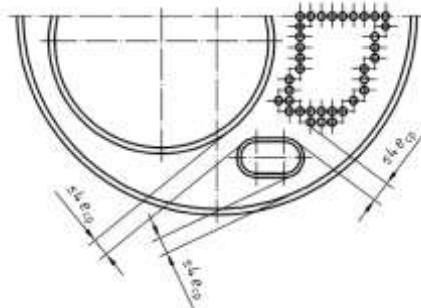


ث- روش‌های جایگزین جوشکاری تیرهای حمال به بالای محفظه‌های برگشتی

شکل ۲۹- روش‌های نمونه جوشکاری مقاومت‌های تیرهای حمال به محفظه‌های برگشتی



الف- فاصله بین رینگ تقویتی در یچه آدمرو، کوره و پوسته



ب- فاصله بین رینگ تقویتی در یچه آدمرو، کوره، شبکه لوله و پوسته

راهنما:

e_{cp} ضخامت محاسبه شده دیواره پد تقویتی

یادآوری - شکل فقط طراحی که در پیچه آدمرو به عنوان تکیه گاه در نظر گرفته شده است را نشان می دهد (به جدول ۴ مراجعه شود).

شکل ۳۰ - فاصله‌ها از رینگ تقویتی در یچه آدمرو

۶-۲-۱۰ مقاوم‌های برای محفظه‌های برجستی عقب مرطوب

مقاؤم‌ها یا مطابق‌ها یا الزامات فرمول (۵۳) یا شنید (به شکل ۳۱ مراجعه شود)

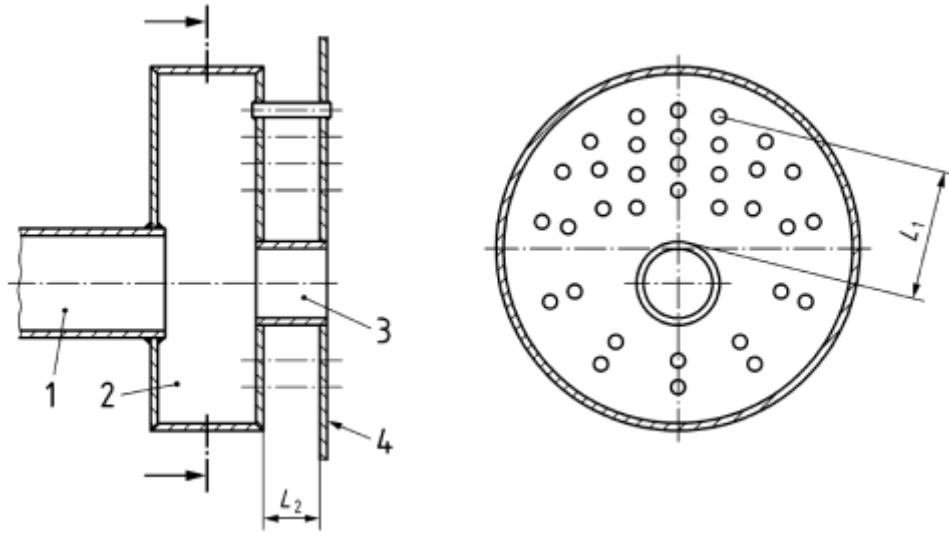
$$\frac{d_i L_1}{L_2^2} \leq 2 \quad (53)$$

که در آن:

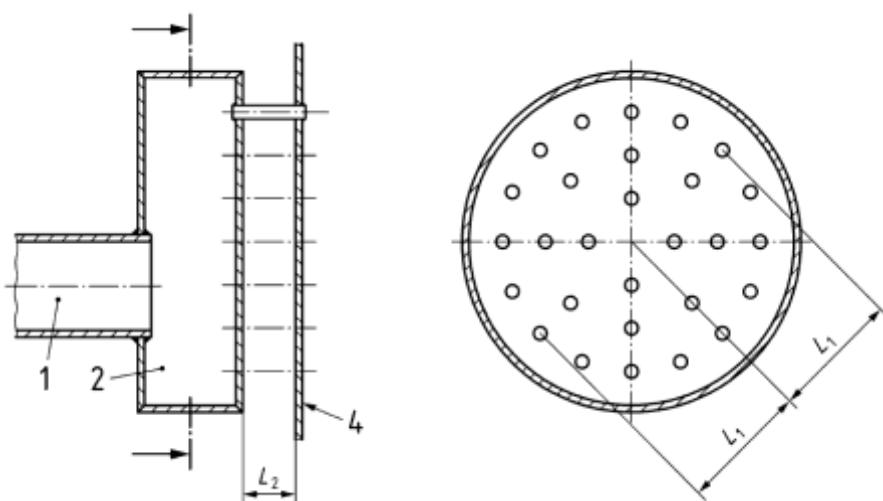
d_s : قطر مقاوم (بر حسب میلی متر)

۱۷ کوتاهترین فاصله از لبه دریچه دسترسی تا خط مرکز دورترین مقاوم از دریچه دسترسی (برحسب میلی‌متر) یا درصورتی که هیچ‌گونه دریچه دسترسی وجود ندارد نصف بیشینه فاصله بین خطوط مرکزی مقاوم‌ها.

L_2 فاصله بین صفحه عقب محفظه برگشتی و صفحه انتهایی عقب دیگ (بر حسب میلی متر). در صورتی که مقاومهای میله‌ای به صفحه عقبی توسط جوش گوشه‌ای متصل می‌شوند، اندازه L_2 باید از سطح بیرونی صفحه عقبی اندازه‌گیری شود.



الف - با دریچه دسترسی



ب - بدون دریچه دسترسی

راهنما:

L_1 کوتاه‌ترین فاصله از لبه دریچه دسترسی تا خط مرکز دورترین مقاوم از دریچه دسترسی (بر حسب میلی متر) یا در صورتی که هیچ‌گونه دریچه دسترسی وجود ندارد نصف بیشینه فاصله بین خطوط مرکزی مقاومها.

L_2 فاصله بین صفحه عقب محفظه و صفحه انتهایی عقب دیگ (بر حسب میلی متر).

1 کوره

2 محفظه برگشتی

3 دریچه دسترسی

4 صفحه انتهایی

شکل ۳۱ - موقعیت مقاوم‌ها در صفحات عقب محفظه برگشتی

۷-۲-۱۰ میل مقاوم‌ها و مقاوم‌های لوله‌ای

تنش مجاز در مقاوم (توپر یا سایر حالت‌ها) که بر روی سطح مقطع محاسبه می‌شود نباید از تنش مجاز برای مواد مقاوم در شرایط بهره‌برداری محاسبه شده با $R_p / 2$ ، که در آن R_p کمینه اندازه بین صفحه اتصال و مقاوم می‌باشد، بیشتر شود. قطر هر مقاوم در هر قسمت نباید از ۲۵ mm کمتر باشد به استثنای مقاوم‌های متصل به محفظه‌های برگشتی عقب مرطوب که نباید کمتر از ۲۰ mm باشند.

مقاوم‌ها می‌توانند همانطور که در شکل‌های ۲۴ تا ۲۷ نشان داده شده است، جوشکاری شوند.

۸-۲-۱۰ بارگذاری روی لوله‌های مقاوم و مقاوم‌های میله‌ای

لوله‌های مقاوم و مقاوم‌های میله‌ای باید به گونه‌ای طراحی شوند که بار کل ناشی از فشار در سطح تقویت شده را تحمل نماید، این سطح به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف- برای یک لوله مقاوم داخل شبکه لوله، سطح خالصی که تقویت می‌شود باید برابر حاصل ضرب گام‌های افقی و عمودی لوله‌های مقاوم منهای مساحت دربرگیرنده سوراخ لوله‌ها باشد. چنانچه گام لوله‌های مقاوم نامنظم باشد، مساحت باید برابر مربع گام متوسط لوله‌های مقاوم (یعنی مربع یک‌چهارم محیط ضلع هر چهارضلعی که مراکز چهار لوله مقاوم مجاور، رئوس آن می‌باشد) منهای مساحت دربرگیرنده سوراخ لوله‌ها، در نظر گرفته شود.

ب- برای لوله مقاومی که در ردیف مرزی لوله‌ها قرار گرفته است یا یک مقاوم میله‌ای، سطح تقویت شونده توسط آن باید برابر مساحت محصور شده توسط عمودمنصف خطوط متصل‌کننده مراکز مقاوم‌ها به نقطه اتکا مجاور منهای سطح لوله‌ها یا مقاوم‌های محصور شده در این سطح، همانطور که در شکل ۲۳ نشانه داده شده، باشد.

پ- برای مقاوم میله‌ای که هیچ لوله مقاومی در شبکه لوله آن قرار ندارد، مساحت تقویت شونده باید تا مرز مماس شبکه لوله گسترش یابد.

۹-۲-۱۰ مقاوم‌های صفحه‌ای**۱-۹-۲-۱۰ مبانی مقاوم‌سازی**

مقابله‌ای صفحه‌ای با تعداد بسیار کم در تقویت صفحات انتهایی تخت، می‌تواند منجر به تغییر شکل موضعی غیرقابل قبول در پوسته شود. بنابراین، نیروی کل باید در تعداد بیشتری از مقاوم‌های صفحه‌ای تقسیم شوند. نواحی تقسیم شده صفحات لبه‌دار نشده داخل فضای آزاد بالایی (به عنوان مثال فضای بخار در مورد دیگ‌های بخار) باید به وسیله دست کم دو مقاوم صفحه‌ای تقویت شوند.

۱۰-۹-۲ بار اعمالی بر روی هر مقاوم

هر مقاوم صفحه‌ای تقویت‌کننده صفحه انتهایی تخت یک دیگ باید به گونه‌ای طراحی شود که تحمل کل نیروی ناشی از فشار بر روی سطح تکیه‌گاه‌های آن را داشته باشد. سطح تقویت شونده توسط هر مقاوم باید با در نظر گرفتن سطح کل تقویت‌شده به دست آید و به وسیله خطوط مرزی رسم شده بین مقاوم‌ها و نقاط اتکا مجاور تقسیم‌بندی شود (لوله کوره، ردیف‌های مرزی شبکه لوله یا پوسته). این خطوط مرزی باید در تمام نقاط هم فاصله از نقاط اتکا مجاور در سطح مورد نظر باشند (به شکل ۲۳ مراجعه شود).

۱۰-۹-۳ محاسبات مقاوم‌های صفحه‌ای

مقابله‌ای صفحه‌ای باید آن‌چنان تقسیم‌بندی شده باشند که زاویه V (مطابق شکل ۳۲) از 60° کمتر نشود. کمینه سطح مقطع مقاوم صفحه‌ای باید مطابق با فرمول (۵۴) مشخص شود:

$$e_g h = \frac{f_G W}{f \sin V} \quad (54)$$

که در آن:

$$\text{ضخامت پوسته } e_g \leq 1.5 \times \text{ضخامت پوسته } \times 0.5$$

۹

$$e_g \geq 0.5 \times \text{ضخامت صفحه انتهایی}$$

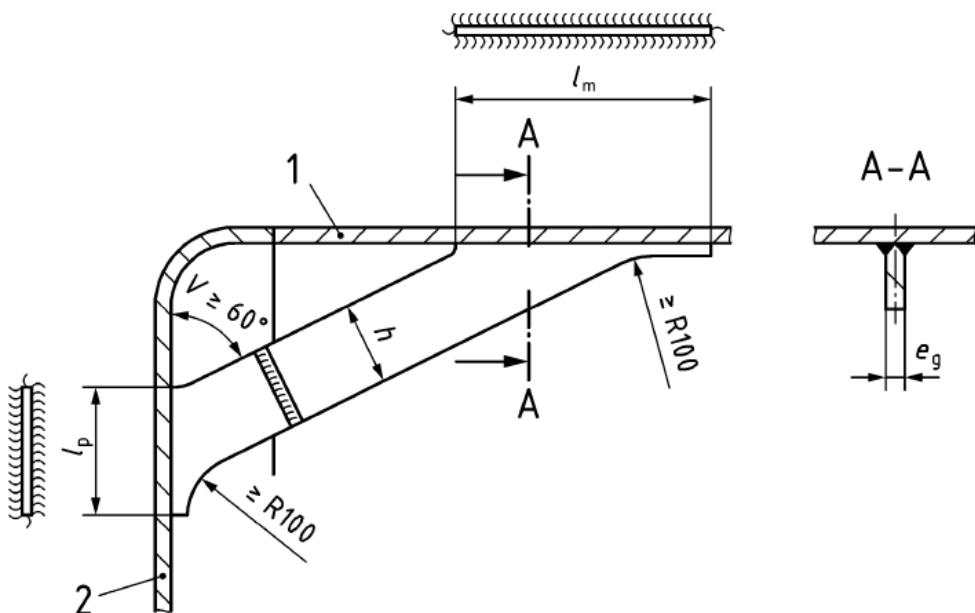
مقادیر f_G :

۱۰ برای کوره ساده.

۱۱ برای کوره چین داری که از مقابله‌ای صفحه‌ای مثلاً با شبکه لوله جدا می‌شوند.

۱۲ برای کوره چین دار مطابق با این استاندارد که نزدیک به مقابله‌ای قرار می‌گیرد.

با این وجود کمینه ضخامت مورد نیاز مقابله‌ای نباید از ضخامت ورق پوسته بیشتر باشد. اندازه و شکل قسمت‌های صفحه انتهایی تقویت‌شده به وسیله هر مقابله‌ای باید آن‌چنان باشد که سطح کامل صفحه انتهایی در هر منطقه مقابله‌ای تقویت‌شده باشد.



راهنمای:

 e_g ضخامت محاسبه شده مقاوم صفحه‌ای. h پهنای مقاوم صفحه‌ای l_m طول اتصال به پوسته l_p طول اتصال به صفحه انتهاییشعاع R V زاویه بین مقاوم صفحه‌ای و صفحه انتهایی

1 پوسته

2 صفحه انتهایی

شکل ۳۲- جزئیات مقاوم‌های صفحه‌ای جوش شده

و l_p باید الزامات فرمول‌های (۵۵) و (۵۶) را برآورده نمایند:

$$l_m \geq \frac{h}{\cos V} + 70 \text{ mm} \quad (55)$$

$$l_p \geq \frac{h}{\sin V} + 50 \text{ mm} \quad (56)$$

فاصله مجاز بین خطوط مرکزی دو مقاوم صفحه‌ای l_a که در شکل ۲۳ نشان داده شده است باید الزامات فرمول (۵۷) را برآورده سازد:

$$l_a \leq 1,41 \cdot e_h \cdot \sqrt{\frac{400 \text{ N/mm}^2}{f_G \cdot PS}} \quad (57)$$

یادآوری - 400 N/mm^2 تنش قابل قبول لایه محافظ مغناطیسی است.

۱۰-۲-۱۰ اتصالات جوشی

جایی که مقاومهای صفحه‌ای به پوسته و صفحات انتهایی جوش می‌شوند، اتصالات باید به وسیله جوش‌های نفوذی کامل مطابق با شکل ۳۲ باشد.
گرده جوش باید بدون شکاف و تغییرات ناگهانی در مسیر جوش باشد.

۱۰-۲-۱۱ الزامات اضافی برای صفحات انتهایی درون قرارگرفته

۱۰-۲-۱۱-۱ کلیات

علاوه بر الزامات کاربردی، به ویژه در مورد جزئیات جوش قابل قبول (به استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۱۵۶) مراجعه شود) و الزامات عمومی برای صفحات انتهایی تخت که در زیربندهای ۱۰-۲-۳-۱۰-۹-۲-۱۰ ارائه شده، الزاماتی برای صفحات انتهایی تخت جوش شده از داخل و جوش شده از بیرون که در زیربندهای ۱۰-۲-۱۱-۳-۱۰ و ۱۰-۲-۱۱-۲-۱۰ آورده شده باید در نظر گرفته شوند.

۱۰-۲-۱۱-۲ ضخامت پوسته محدود به اتصال گوشه

برای تعیین ضخامت ورق پوسته مجاور به جوش لب‌به‌لب سپری، معادلاتی متناظر با فرمول‌های (۱۶) و (۱۷) باید استفاده شود.

$$e_{s'} = e_{cs} + c_2 \quad (۱۸)$$

$$e_{cs} = \frac{p_c d_{os}}{2 f_s x + p_c} \quad (۱۹)$$

ضریب کاهش تنش x در فرمول (۱۹) بستگی به نسبت ضخامت صفحه انتهایی به پوسته دارد و باید مطابق زیر باشد.

$$e_{ch}/e_{cs} \geq 1,4 \quad x = 0,85 \quad (۲۰)$$

$$1 < e_{ch}/e_{cs} < 1,4 \quad x = 1 - 0,15 * (e_{ch}/e_{cs} - 1) / 0,4 \quad (۲۱)$$

$$e_{ch}/e_{cs} \leq 1 \quad x = 1 \quad (۲۲)$$

اگر ضخامت پوسته e_{cs} مطابق با فرمول (۱۷) با ضریب جوش $v \leq 0,85$ محاسبه شود نیازی به در نظر گرفتن ضریب کاهش تنش x نمی‌باشد.

۱۰-۲-۳ پارامترهای طراحی

صفحات انتهایی درون قرارگرفته باید با پارامترهای ارائه شده در جدول ۵ و با الزامات ارائه شده زیر مطابقت نماید:

الف- ضخامت دیواره پوسته باید مطابق فرمول های (۵۸) و (۵۹) محاسبه شود از جمله ضریب کاهش تنش x (به فرمول های (۶۰)، (۶۱) و (۶۲) مراجعه شود);

ب- ضخامت واقعی دیواره صفحه انتهایی نباید از ۳۰ mm بیشتر شود.

ت- پوسته به صفحه انتهایی، کوره به صفحه انتهایی و صفحه انتهایی محفظه برگشتی به ورق راپر باید به طور کامل از پشت جوش شده، به جز در مورد دیگهای کوچک که مطابق با جدول ۶ مجاز می باشند.

جدول ۵- پارامترهای طراحی برای صفحات انتهایی درون قرارگرفته

نسبت ضخامت صفحه انتهایی و پوسته e_h / e_s	بیشینه فشار مجاز N/mm ²	فاصله بین صفحات انتهای دیگ ^a mm	قطر خارجی پوسته d_{os} mm
≤ 2,00	≤ 2,5	2750	$\geq L_b$
≤ 1,55	≤ 3,0		1250
≤ 2,00	≤ 1,6	3300	$\geq L_b$
≤ 1,80	≤ 2,5		1500
≤ 1,35	≤ 3,0		$\geq d_{os}$
≤ 2,00	≤ 1,0	3850	$\geq L_b$
≤ 1,85	≤ 1,6		1750
≤ 1,60	≤ 2,5		$\geq d_{os}$
≤ 1,15	≤ 3,0		
≤ 2,00	≤ 1,0	4400	$\geq L_b \leq$
≤ 1,65	≤ 1,6		2000
≤ 1,35	≤ 2,5		$\geq d_{os}$
≤ 1,00	≤ 3,0		
≤ 2,00	≤ 1,0	5500	$\geq L_b$
≤ 1,45	≤ 1,6		2500
≤ 1,15	≤ 2,5		$\geq d_{os}$
≤ 1,65	≤ 1,0	6600	$\geq L_b$
≤ 1,25	≤ 1,6		3000
≤ 1,00	≤ 2,5		$\geq d_{os}$
≤ 1,40	≤ 1,0	7700	$\geq L_b$
≤ 1,05	≤ 1,6		3500
≤ 1,15	≤ 1,0	8800	$\geq L_b$
			4000
			$\geq d_{os}$

در صورتی که نسبت ضخامت صفحه انتهایی و پوسته بیش از مقادیر بالا باشد، باید از یک محاسبه استحکام و تغییر شکل انجام شود برای مثال روش محاسباتی عنصر محدود

^a محدودیت ۸۸۰۰ mm برای طول در مورد دیگهای بازیافت حرارتی لوله‌ای به کاربرده نمی شود.

یادآوری ۱- توصیه می شود صرفاً از مواد تا P295GH استفاده شود.

یادآوری ۲- برای مواد P355GH و یا صفحات انتهایی درون قرارگرفته بیش از محدوده های ذکر شده در جدول ۵ محاسبات چرخه های بار اضافی لازم است انجام شود

**جدول ۶- شرایطی برای قسمت‌های حذف شده جوش‌های گوشه‌ای (جوش‌های پشت) از اتصالات گوشه‌ای صفحات
انتهایی تخت**

الزامات عمومی برای قسمت‌های جوش شده	نسبت ضخامت صفحه انتهایی به دیواره لوله کوره e_{rh}/e_{rf} mm	ضخامت صفحه انتهایی e_{rh} mm	کمینه فاصله تنفس بین لوله کوره و پوسته mm	قطر خارجی پوسته d_o mm	فاصله بین صفحات انتهایی دیگ L_b mm	طول جوش نشده mm
جوش، نفوذ کامل را نشان می‌دهد ^a بازرسی کامل جوش امکان‌پذیر است. جوش به طور مستقیم حرارت داده نشده	> 1.4	≤ 20	d_o 6.5% 65 mm هر کدام بزرگ‌تر است	≤ 1400	≤ 3000	
		≤ 15	≥ 65	≤ 1000	≤ 2500	> 250
		≤ 20	≥ 80	≤ 1000	≤ 2500	b

برای دیگرها کم‌فشار جوش‌های گوشه‌ای (جوش‌های پشتی) ممکن است حذف شوند.

^a با آزمون‌های روش ویژه‌ای تأیید شود. نمونه آزمون روش باید معرف هندسه جوش در تولید بوده و باید برای بازرسی چشمی و ماکرو مقطع زده شود.

^b طولی مساوی با قطر کوره برای اتصال انتهای تخت به کوره و طولی مساوی با قطر پوسته برای اتصال انتهای تخت به پوسته

۱۰-۲-۱۰ مقاوم‌های تیر حمال تقویت‌کننده قسمت تخت یک محفظه برگشتی

ضخامت تیرهای حمال جوش شده e مطابق با اشکال ۲۹ الف تا ۲۹ ث باید مطابق با فرمول (۶۳) محاسبه شوند اما در هیچ حالتی نباید ضخامتی بیش از ۳۵ mm داشته باشند.

$$e = \frac{3 p_c L_g^2 P_g}{4 d_g^2 f} \quad (63)$$

۱۱ طراحی سوراخ‌های منفرد در صفحات تخت انتهایی دیگ

۱۱-۱ سوراخ‌های منفرد تقویت نشده

بیشینه قطر یک سوراخ تقویت نشده در صفحات انتهای تخت باید از فرمول (۶۴) محاسبه شود:

$$d_{\max} = 8 e_{rh} \left(1,5 \frac{e_{rh}^2}{e_{ch}^2} - 1 \right) \quad (64)$$

۱۱-۲ سوراخ‌های انشعاب

تقویت سوراخ‌های انشعاب، باید با در نظر گرفتن موادی که به صورت موضعی، اضافه بر کمینه ضخامت موردنیاز صفحه انتهایی و انشعاب از جمله جوش‌های اتصال (همانطورکه در شکل ۳۳ نشان داده شده است) برداشته می‌شود انجام شود. ضخامت انشعاب در صورت نیاز باید افزایش یابد. تقویت، زمانی کافی دانسته می‌شود که مساحت جبرانی (Y) مساوی یا بزرگ‌تر از مساحت موردنیاز برای جبران (X) باشد.

مساحت X باید از حاصل ضرب ۲۵٪ شاعع داخلی انشعاب در ضخامت صفحه انتهایی تخت، که از فرمول (۵۲) برای صفحه انتهایی موردنظر محاسبه شده، به دست آید.

مساحت Y باید در صفحه‌ای موازی محور انشعاب که از صفحه انتهایی تخت می‌گذرد، اندازه‌گیری شود، و باید به صورت زیر محاسبه شود:

الف- برای آن بخش از انشعاب که بیرون‌زدگی آن خارج از دیگ است، سطح Y برابر است با سطح مقطع کامل انشعاب از سطح واقعی بیرونی صفحه انتهایی تخت تا فاصله l_b ، منهای سطح مقطعی که انشعاب با همان فاصله l_b و در نظر گرفتن ضخامت به دست آمده از فرمول‌های ۱۶ و ۱۷ ایجاد می‌نماید.

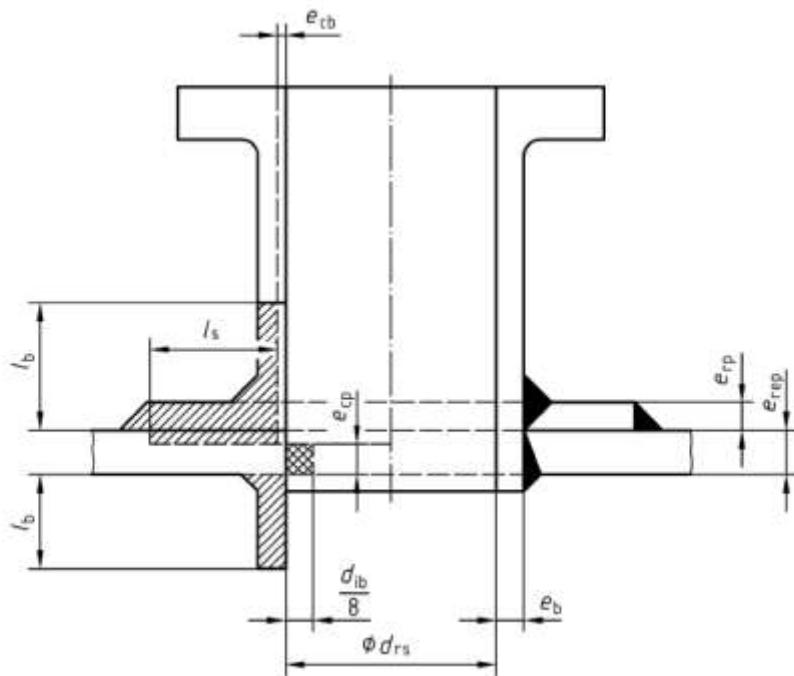
ب- مساحت کل بخشی از انشعاب که داخل دیگ قرار دارد (در صورت موجود بودن) تا فاصله l_b از سطح داخلی صفحه انتهایی به آن اضافه شود.

پ- سطح مقطع جوش‌های گوشه را به آن اضافه شود.

ت- مساحت به دست آمده از حاصل ضرب اختلاف بین ضخامت واقعی صفحه انتهایی تخت و ضخامتی که از فرمول (۵۲) محاسبه شده، در قسمتی از صفحه انتهایی طول l_s به آن اضافه شود.

ث- مساحت صفحه جبرانی (در صورت موجود بودن) را که در محدوده تقویت شکل ۳۳ نشان داده شده است به آن اضافه شود.

جائی که مواد تقویت‌کننده دارای تنش طراحی اسمی کمتری نسبت به جنس صفحه انتهایی تختی که قرار است تقویت شود، باشد، سطح مؤثر آن باید در نسبت تنش‌های مجاز در دمای محاسباتی کاهش یابد. نباید هیچ مقاومت اضافی ناشی از بالا بودن تنش اسمی تقویت‌کننده نسبت به صفحه انتهایی در نظر گرفته شود. جوش‌های اتصال‌دهنده انشعابات و ورق‌های جبرانی باید از ابعاد کافی جهت منتقل کردن نیروی وارد بر سطح تقویت‌شده و تمامی بارهای دیگری که ممکن است بر آن‌ها وارد شود، برخوردار باشند.



راهنمای:

قطر داخلی انشعباب d_{ib}

ضخامت جداره محاسبه شده انشعباب مطابق با فرمول های (۱۶) یا (۱۷) $v = 1$

ضخامت جداره محاسبه شده صفحه انتهایی تخت مطابق با فرمول (۵۲)

ضخامت واقعی جداره انشعباب e_{rb}

ضخامت واقعی جداره صفحه انتهایی تخت e_{rh}

ضخامت واقعی جداره ورق تقویتی e_{rp}

کوچکترین مقدار ۲ رابطه $2,5e_{rh} + e_{rp}$ و $(2,5e_{rb} + e_{rp})$

بزرگترین مقدار ۲ رابطه $(e_{rep} + 75)$ و $(d_{ib}/2)$



مساحت Y نباید کوچکتر از مساحت X باشد.

یادآوری - صفحه جبرانی تنها در مواردی که مساحت Y کمتر از مساحت X باشد موردنیاز است.

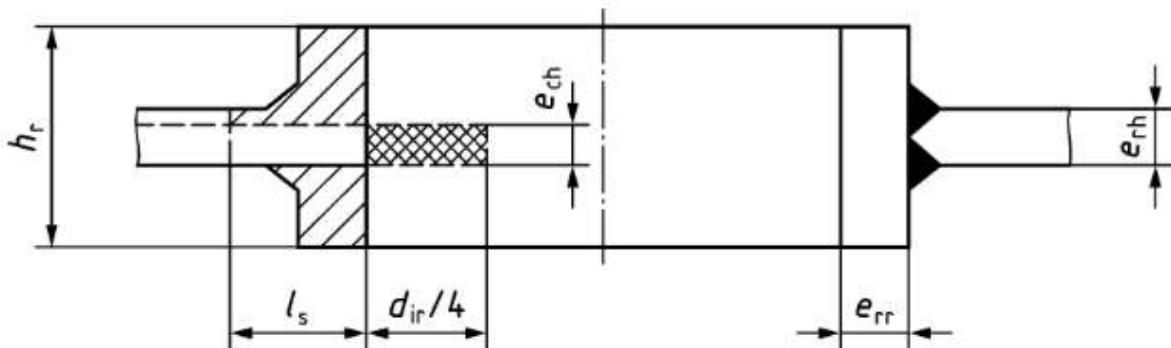
شکل ۳۳- جبرانی انشعباب در صفحات انتهایی تخت

۱۱-۳- دریچه‌های آدمرو، سررو و دست رو

زمانی که دریچه آدمرو، سررو و دست رو به شکل بیضی در شبکه انتهایی تخت قرار دارند، این دریچه‌ها باید تقویت شوند(شکل ۳۴). روش ارائه شده در ۱۱-۲ برای محاسبه سطح موردنیاز تقویتی هر جا که عملی باشد باید مورداستفاده قرار گیرد با این شرط که ضخامت حلقه تقویتی (e_{sr}) نباید کمتر ۱۹ mm برای دریچه آدمرو، ۱۵ mm برای دریچه سررو و ۱۰ mm برای دریچه دست رو باشد.

سطح X باید به وسیله حاصل ضرب نصف میانگین نیم قطرهای بزرگ و کوچک دریچه در ضخامت صفحه انتهایی تخت که از فرمول (۵۲) حاصل می‌شود برای بخش صفحه آن‌هایی موردنظر به دست آید.

هنگام محاسبه سطح Y، ضخامت کل حلقه تقویتی می‌تواند استفاده شود.



راهنمای:

d_{ir} عبارت است از نصف میانگین نیم قطرهای بزرگ و کوچک دریچه/حلقه تقویتی
 e_{ch} ضخامت محاسبه شده صفحه انتهایی تخت مطابق با فرمول (۵۲)

e_{rh} ضخامت واقعی جداره صفحه انتهایی تخت

e_{rr} ضخامت واقعی سفت‌کننده

h_r ارتفاع سفت‌کننده

l_s مقدار بزرگ‌تر ۲ مقدار $(e_{rh} + 75)$



مساحت Y نباید کمتر از مساحت X باشد.

شکل ۳۴- جبرانی برای دریچه‌های بیضوی آدمرو یا بازرسی در صفحات انتهایی تخت

۱۲ صفحه لوله‌ها و لوله‌های سوراخ نشده

۱-۱۲ ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار خارجی

ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار خارجی با قطر خارجی اسمی کمتر یا مساوی از ۱۷۰ mm، از فرمول (۶۵) یا جدول ۷ هر کدام که بزرگ‌تر است به دست می‌آید.

$$e = e_{ct} + c_1 + c_2 \quad (65)$$

یا

$$e_{ct} = \frac{p d_o}{1,6 f} \quad (66)$$

جدول ۷- کمینه ضخامت اسمی لوله‌ها (ابعاد به mm)

قطر اسمی خارجی	کمینه ضخامت اسمی
$d_o \leq 26,9$	۱,۹۰
$26,9 < d_o \leq 54,0$	۲,۲۰
$54,0 < d_o \leq 76,1$	۲,۵۰
$76,1 < d_o \leq 88,9$	۲,۸۰
$88,9 < d_o \leq 114,3$	۳,۱۵
$114,3 < d_o \leq 139,7$	۳,۵۰
$139,7 < d_o \leq 168,3$	۳,۹۹

۲-۱۲ ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار داخلی

ضخامت لوله‌های مستقیم تحت فشار داخلی از فرمول (۶۷) یا جدول (۷)، هر کدام که بزرگ‌تر باشد، به دست می‌آید.

$$e_{ti} = e_{ct} + c_1 + c_2 \quad (67)$$

$$c_2 = 0,75 \text{ mm}$$

که در آن:

$$e_{ct} = \frac{p_c d_o}{2f + p_c} \quad (68)$$

۳-۱۲ ضخامت جداره و دو پهن‌شدنگی^۱ زانوبی‌ها و خم‌های لوله

۳-۱۲-۱ کلیات

ضخامت جداره زانوبی‌ها (به شکل ۳۷ مراجعه شود)، خم‌های لوله با قطر خارجی اسمی کمتر یا مساوی 170 mm نباید کمتر از آنچه در معادلات زیر ارائه شده باشد:
ضخامت دیواره در قوس درونی:

$$e_{ti} = e_{ct} C_i + c_1 + c_2 \quad (69)$$

ضخامت جداره در قوس بیرونی:

$$e_{to} = e_{ct} C_o + c_1 + c_2 \quad (70)$$

1- Ovality

که در آن e_{ct} عبارت است از ضخامت محاسبه شده برای لوله مستقیم مطابق با زیر بند ۱۲-۱-۱ یا زیر بند ۱۲-۲ هر کدام مناسب است، و C_i و C_o عبارت اند از ضرایبی که از نمودار شکل ۳۸ و فرمول های (۷۱) و (۷۲) به دست می آیند.

$$C_i = \frac{\frac{2R}{d_o} - 0,5}{\frac{2R}{d_o} - 1} \quad (71)$$

$$C_o = \frac{\frac{2R}{d_o} + 0,5}{\frac{2R}{d_o} + 1} \quad (72)$$

که در آن:

R عبارت است از خط مرکزی سوراخ خم در صورتی که نسبت R/d_0 بزرگتر یا مساوی با ۱ و کوچکتر یا مساوی با ۰,۵ باشد ضرایب C_i و C_o باید برای زانویی ها و خم های لوله اعمال شود. برای خم های با نسبت R/d_0 بزرگتر از ۰,۵ باید به صورت لوله های مستقیم رفتار شود.

کمینه ضخامت های جداره باید مطابق با زیر بند ۱-۱۲ یا زیر بند ۲-۱۲، حسب مورد در نظر گرفته شود. اندازه نسبت d_m/e باید از ۴۰ بیشتر شود.

برای محاسبات خارج از این حدود یا به عنوان یک جایگزین، پیوست a استاندارد EN 12952-3:2011 باید در نظر گرفته شود.

۲-۳-۱۲ خارج از گردی^۱ در خم لوله ها

خروج از دایره واری در خم لوله ها باید از فرمول زیر محاسبه شود:

$$u = 2 \times \frac{\hat{d}_0 - \check{d}_0}{\hat{d}_0 + \check{d}_0} \times 100 \quad (73)$$

که در آن:

u خارج از گردی^۲ بر حسب %؛

\hat{d}_0 بیشینه اندازه قطر بیرونی در رأس خم لوله بر حسب mm؛

\check{d}_0 کمینه اندازه قطر خارجی در سطح مقطع مشابه \hat{d}_0 همانند بر حسب mm؛

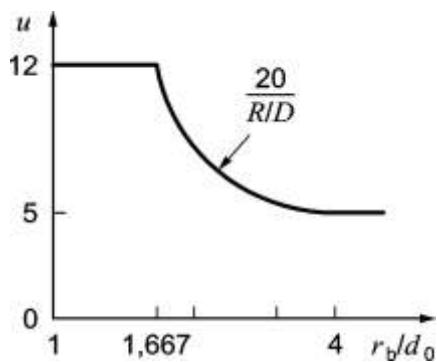
خروج از رواداری مجاز باید در محدوده ارائه شده در شکل های ۳۵ و ۳۶ باشد.

1- Departure from circularity

2- Circularit

الف- خروج از رواداری خم لوله‌ها، که در عملیات خمکاری پیوسته تک مرحله‌ای تهیه می‌شوند نباید از محدوده اشاره شده در شکل ۳۵ بیشتر باشد.

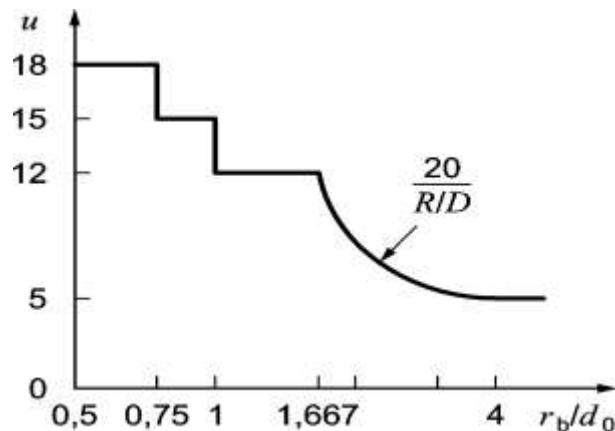
ب- خروج از دایره‌واری خم لوله‌ها روی لوله‌ایی که قطر بیرونی اسمی آن‌ها از 80 mm بیشتر نباشد و عملیات خمکاری دوم مرحله‌ای باشد یعنی پرس گرم پس از عملیات خمکاری اولیه سپس عملیات حرارتی پس از خمش، نباید بیش از محدوده‌های نشان داده شده در شکل ۳۶ باشد.



راهنمای:

R/D نسبت شعاع خمش به قطر بیرونی
 u خارج از گردی

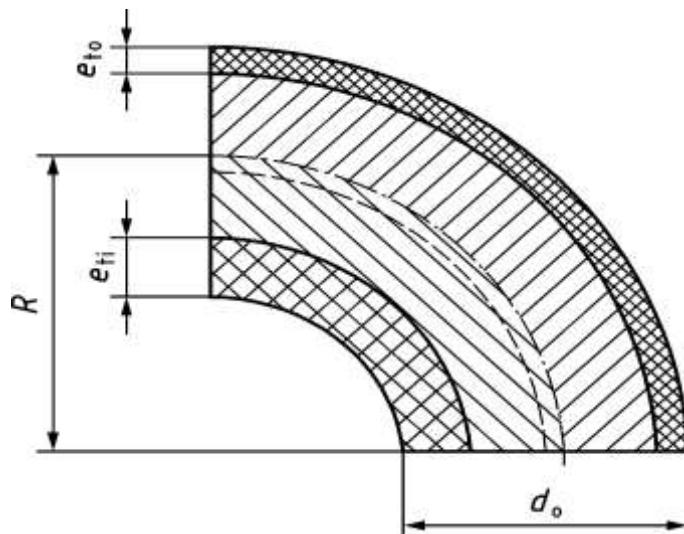
شکل ۳۵- محدوده خارج از گردی برای عملیات خمکاری تک مرحله‌ای



راهنمای:

R/D نسبت شعاع خمش به قطر بیرونی
 u خارج از گردی

شکل ۳۶- محدوده خارج از گردی برای عملیات خمکاری دوم مرحله‌ای



راهنما:

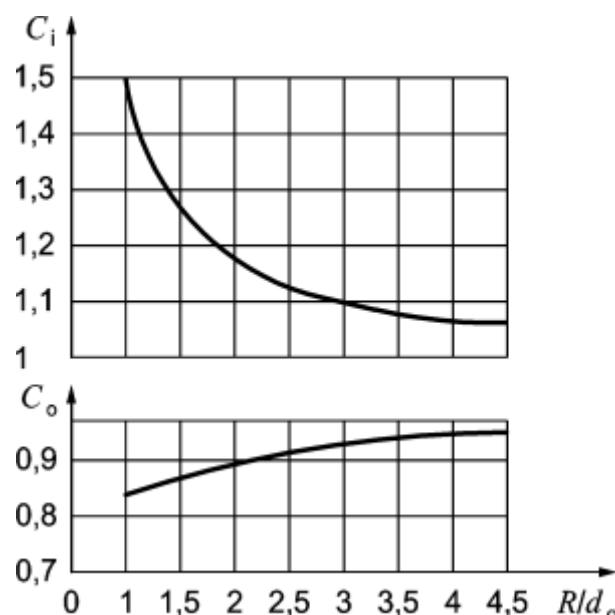
d_0 قطر خارجی اسمی

R شعاع خم کاری

e_{t0} ضخامت جداره قوس بیرونی لوله

e_{i0} ضخامت جداره قوس داخلی لوله

شکل ۳۷ - نمادهای مورداستفاده برای خم‌های لوله



راهنما:

d_0 قطر خارجی اسمی

R شعاع

C_i ضریب طراحی قوس داخلی

C_o ضریب طراحی قوس بیرونی

شکل ۳۸ - ضرایب طراحی C_i و C_o

۴-۱۲ لوله‌های دود

لوله‌های دودی که به عنوان لوله مقاوم عمل می‌کنند باید مطابق با جدول ۸ دارای عمق جوش مساوی با ضخامت لوله به علاوه ۲ mm یا سطح مقطع برشی جوش باید مساوی یا بزرگ‌تر از $1/25$ ضریب در سطح مقطع مورد نیاز لوله با کمینه عمق جوش ۲ mm متصل شوند.

هر لوله دود و اتصال آن به صفحات لوله باید به گونه‌ای طراحی شود که سهم مقرر شده از بار وارد بر صفحاتی که این لوله نگهداری می‌کند را تحمل نماید. ضخامت لوله‌های متصل به صفحات لوله باید چنان باشد که تنش محوری روی نازک‌ترین قسمت لوله از $f = R_{p0,2tc} / 2$ بیشتر نباشد. این الزامات به موارد زیر اشاره می‌کند:

- لوله‌های دود جوش شده در زمینه لوله‌ای که در یک وضعیت قراردادند

- لوله‌های دود جوش شده که به عنوان یک لوله مقاوم عمل می‌کنند

- کلیه لوله‌های والس شده

در دماهای ورودی گاز بیش از 90°C ، لبه داخلی لوله‌های دود باید گرد یا پخ مورب بشود.

جدول ۸- روش‌های مجاز متصل کردن لوله‌های دود

شرط هندسی	شرط دما	شکل‌ها	نº شکل نوع اتصالات
اگر لوله‌های منبسط‌شده برای تحمل بار طراحی شده‌اند (لوله مقاوم‌ها)، استحکام اتصال منبسط‌شده باید به وسیله تأیید صلاحیت فرایند تعیین شوند در این حالت، انبساط برای تحمل بار محوری لوله طراحی می‌شود .			الف- کاملاً والس شده با یا بدون آببندی بیرونی جوش
$g \geq 1.25 e_t$ انتهای لوله‌ها باید با جوش هم تراز شود. در این حالت انبساط برای اطمینان از تماس کامل بین لوله و صفحه لوله انجام می‌شود. برای لوله‌های دود که به عنوان لوله‌های مقاوم عمل می‌کنند افزایش عمق شیار جوش بیش از 2mm بهمنظور برآورده نمودن الزامات بند ۴-۱۲ مجاز می‌باشد			ب- والس شده و جوش شده
انتهای لوله‌ها باید با جوش هم تراز شود بیشینه بیرونی زدگی لوله‌ها و جوش از صفحه لوله‌ها 3mm باشد. $g \geq 1.25 e_t$			ت- جوش شده با سرد کردن شیار یا جوش شده و والس شده با سرد کردن شیار

شروط هندسی	شرایط دما	شکل ها	نوع اتصالات شکل N°
<p>انتهای لوله‌ها باید با جوش هم تراز شود بیشینه بیرون‌زدگی لوله‌ها و جوش از صفحه لوله‌ها ۳ mm باشد.</p> <p>$g \geq 1.25 e_t$</p> <p>$e_h \leq 16 \text{ mm}$</p>			ث- جوش شده یا والس شده و جوش شده
<p>$L \leq 18 \text{ mm}$ ($\leq 500^\circ\text{C}$: $L \leq 25 \text{ mm}$) $g \geq 1.25 e_t$</p>	<p>T ورودی $< 600^\circ\text{C}$ یا T خروجی $< 700^\circ\text{C}$</p>		د- جوش شده

شروط هندسی	شرایط دما	شکل‌ها	نوع اتصالات N°
دیگ‌های بازیافت حرارتی با لوله‌های کامل برای تولید آب داغ $g \geq e_t$ $L \leq 18 \text{ mm}$ $(\leq 500^\circ\text{C} : L \leq 25 \text{ mm})$	T ورودی $600^\circ\text{C} >$		۵- جوش شده یا والس شده و جوش شده

یادآوری- آماده‌سازی‌های جوش همچنین شیارهای خنک کن نشان داده شده در تصاویر صرفاً به عنوان مثال هستند.
راهنمای:

g طول اتصال جوشی لوله‌های دود
L بیرون‌زدگی لوله
e_t ضخامت جداره لوله

۵-۱۲ ۵ گام لوله‌ها

فاصله سوراخ‌های لوله باید به گونه‌ای باشد که کمینه پهنا، برحسب mm، برای هر لیگامنت بین سوراخ‌های لوله، کمتر از موارد زیر نباشد:

الف- برای لوله‌های منبسط شده

$$0,125 d + 12,5 \text{ mm}$$

ب- برای لوله‌های جوش شده

۱- برای دمای گاز ورودی بالاتر از 800°C

$0,125 d + 9 \text{ mm}$ اما نیاز نیست از 15 mm بیشتر شود.

۲- برای دمای گاز ورودی کمتر یا مساوی 800°C

$0,125 d + 7 \text{ mm}$ اما نیاز نیست از 15 mm بیشتر شود

۳- برای دیگ‌های بازیافت حرارتی با لوله پرشده، مولد آب داغ با دمای ورودی که از 600°C بیشتر نیستند (برای مثال مبدل حرارتی پشت موتورهای رونگن یا گاز)

اما نیاز نیست از $0,125 d + 4 \text{ mm}$, 15 mm بیشتر شود.

۶-۱۲ ضخامت صفحه لوله‌ها در شبکه‌های لوله

ضخامت صفحات لوله باید با استفاده از فرمول‌های (۵۱) و (۵۲) محاسبه شود، اما نباید از موارد ذکر شده در زیر کمتر باشد:

- الف- $e_h \geq 12 \text{ mm}$ جائی که لوله‌ها درون صفحه لوله والس می‌شوند وقتی قطر سوراخ لوله از 50 mm بیشتر نباشد و یا $e_h \geq 14 \text{ mm}$ ، هنگامی که قطر سوراخ لوله بزرگ‌تر از 50 mm باشد یا
- ب- $e_h \geq 12 \text{ mm}$ جائی که لوله‌ها فقط به وسیله جوش به صفحه لوله متصل شده باشند.

۱۳ لوله کوره‌ها، اجزای لوله کوره و محفظه‌های برگشتی استوانه‌ای شکل در معرض فشار خارجی

۱-۱-۱۳ لوله کوره‌ها

۱-۱-۱۳ کوره‌های ساده

فشار محاسباتی کوره‌های ساده باید از فشارهای محاسباتی به دست آمده از فرمول‌های (۷۴) و (۷۵) کمتر باشد:

$$p_c = \frac{R_p 0,2 t_c}{S_1} \frac{2 e_{cf}}{d_m} \frac{1 + 0,1 d_m / L}{1 + (0,03 d_m / e_{cf}) [u / (1 + 5 d_m / L)]} \quad (74)$$

$$p_c = \frac{2,6 E}{S_2 L} \left(\frac{e_{cf}}{d_m} \right)^2 \sqrt{d_m e_{cf}} \quad (75)$$

فرمول‌های پیشین ممکن است همان‌گونه که در فرمول‌های (۷۶) و (۷۸) نشان داده شده برحسب ضخامت بیان شوند. بزرگ‌ترین ضخامت به دست آمده باید مورداً استفاده قرار گیرد، اما ضخامت لوله کوره‌های ساده با قطر کوچک‌تر یا مساوی 400 mm نباید از 6 mm کمتر باشد و برای قطرهای بزرگ‌تر از 400 mm ، نباید کمتر از 7 mm باشد. کمینه ضخامت دیواره لوله کوره‌های با بولینگ هوپ نباید کمتر از 10 mm باشد. در هیچ حالتی ضخامت e_{fa} نباید از 22 mm بیشتر شود (به استاندارد ملی ایران ۲۲۱۵۶-۴ مراجعه شود)

$$e_{cf} = \frac{B}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{0,12 d_m u}{(1 + 5 d_m / L) B}} \right] \quad (76)$$

که در آن:

$$B = \frac{p_c d_m S_1}{2 R_p 0,2 t_c (1 + 0,1 d_m / L)} \quad (77)$$

$$e_{cf} = d_m^{0,6} [(L S_2 p_c) / (2,6 E)]^{0,4} \quad (78)$$

$$e_{fa} = e_{cf} + c_1 + c_2 \quad (79)$$

که در آن:

$$C_2 = 0,75 \quad (\text{حد مجاز خوردگی})$$

S_1 ضرایب ایمنی می‌باشند (به زیربند ۱-۱-۳ مراجعه شود)

فرمول‌های (۷۴) الی (۷۹) باید برای لوله کوره‌های با قطر کوچک‌تر یا مساوی mm ۱۸۰۰ به کار گرفته شود.

(به زیربند ۵-۵-۲ مراجعه شود)

یادآوری - فرمول‌های (۷۴) و (۷۶) بر اساس ملاحظات تغییر شکل پلاستیک می‌باشد. فرمول‌های (۷۵) و (۷۸) بر اساس ملاحظات ناپایداری الاستیک می‌باشد.

۲-۱-۱۳ کوره‌های چین‌دار

فشار محاسباتی لوله کوره‌های چین‌دار باید با استفاده از فرمول (۸۰) تعیین شود، اما ضخامت e_{fa} نباید کمتر از mm ۲۲ باشد. (به استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۱۵۶-۴ مراجعه شود)

$$p_c = \frac{R_{p0,2} t_c}{S_1} \frac{2 X_2}{P_{cor} d_m} \frac{1 + 0,1 d_m / L}{1 + \left[\frac{X_2 w d_m}{800 I_1} \frac{u}{1 + (5 d_m / L) (e_{cf} / w)^3} \right]} \quad (80)$$

که در این فرمول d_m قطر میانگین می‌باشد.

یادآوری ۱ - برای لوله کوره‌های چین‌دار، قطر میانگین برابر است با قطر داخلی به علاوه عمق کامل یکی از چین‌ها، یعنی قطر داخلی به علاوه w (شکل ۳۹ ملاحظه شود).

یادآوری ۲ - مقادیر X_2 و I_1 برای چین‌های طرح فاکس^۱ در جداول ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

۳-۱-۱۳ ضرایب ایمنی

اندازه ضرایب ایمنی در شرایط کاری باید به شرح زیر باشد:

$S_1 = 2,5$ ، برای لوله کوره‌ها و ورق‌های راپر که در معرض شعله با $P_C < 0,6 \text{ N/mm}^2$ ، یا با $P_C > 0,6 \text{ N/mm}^2$ و $d_m/L < 0,25$ قرار می‌گیرد.

$S_1 = 2,0$ ، برای لوله کوره و ورق‌های راپر که در معرض شعله با $d_m/L > 0,25$ و $P_C < 0,6 \text{ N/mm}^2$ قرار می‌گیرد

$S_1 = 2,0$ ، برای لوله کوره‌ها و ورق‌های راپر که در معرض شعله نیستند،

$S_2 = 3,0$ ، برای شرایط محاسباتی،

اندازه‌های ضرایب ایمنی در شرایط آزمون باید:

$S_{t1} = 1,4$ ، برای کلیه لوله کوره‌ها و ورق‌های راپر

$S_{t2} = 2,2$ ، برای کلیه لوله کوره‌ها و ورق‌های راپر

۴-۱-۱۳ اجزاء کوره

ضخامت اجزای کوره برای مثال لوله‌های تخلیه خاکستر و اتصالات دهانه سوخت، باید مطابق با زیربند ۱-۱-۱۳ با کمینه ضخامت 10 mm و بیشینه ضخامت 22 mm محاسبه شوند، به زیربند ۵.۹.۳ از استاندارد EN 12953-4:2002 مراجعه شود.

جبرانی دریچه‌ها در لوله‌های کوره‌ها باید مطابق با زیربند ۳-۸ باشد، بهجز در موردی که استفاده از پدهای تقویتی مجاز نباشد.

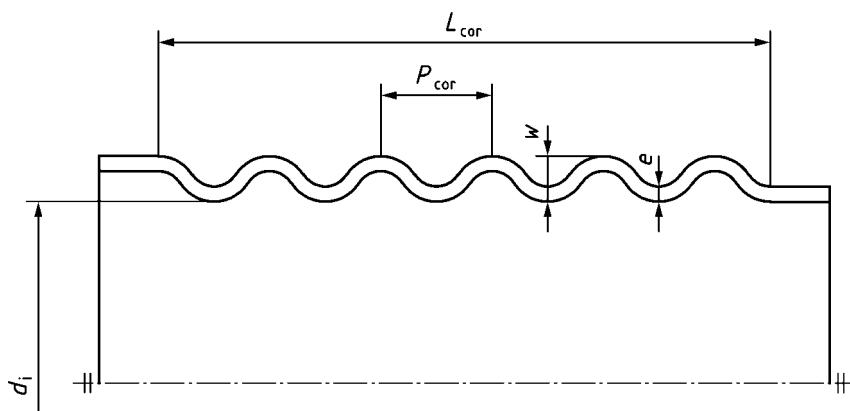
ضخامت لوله‌های دسترسی باید مطابق با زیربند ۱-۱-۱۳ با کمینه ضخامت 10 mm محاسبه شود.

۵-۱-۱۳ محفظه‌های برگشتی

ضخامت پوسته محفظه‌های برگشتی استوانه‌ای باید مطابق با معادلات ارائه شده در زیربند ۱-۱-۱۳ محاسبه شود. جائی که شکل هندسی غیر دایره‌ای با استفاده از صفحاتی با شعاع‌های متفاوت به کاربرده می‌شود، ضخامت باید با در نظر گرفتن بیشینه شعاع محاسبه شود.

جائی که مقاطع منحنی معمکوس به کار گرفته می‌شود، باید بررسی شود که این قسمت‌ها می‌توانند بیشینه فشار مجاز را بدون اینکه تنش طراحی افزایش یابد تحمل کنند و در صورت نیاز، ضخامت به‌طور مناسب افزایش داده شود. روش پیشنهادی در پیوست الف ارائه شده است.

ضخامت نباید از 10 mm کمتر باشد و نباید از 35 mm بیشتر شود. چنانچه محفظه برگشتی دایره کامل و بدون استحکام دهنده‌ها باشد کمینه ضخامت زیربند ۱-۱-۱۳ می‌تواند استفاده شود.



راهنمای:

قطر داخلی d_i

ضخامت دیواره e

طول کلی چین L_{cor}

گام چین‌ها P_{cor}

عمق سرتاسری اسمی چین w

شکل ۳۹ - سطح مقطع عرضی برای لوله کوره چین‌دار از نوع فاکس

جدول ۱۰ - ممان دوم سطح برای لوله کوره چین‌دار شده از نوع فاکس (۲۰۰ چین و ۷۵ عمق کلی)

سطح مقطع عرضی	ممان دوم سطح	ضخامت دیواره بدون حد مجاز خوردگی
$X_2 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$	$I_1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$e_{rf-c} \text{ mm}$
۲۳,۳	۱۲۶,۴	۹,۲۵
۲۵,۷	۱۳۸,۹	۱۰,۲۵
۲۸,۰	۱۴۷,۷	۱۱,۲۵
۳۰,۴	۱۵۵,۹	۱۲,۲۵
۳۲,۶	۱۶۳,۵	۱۳,۲۵
۳۴,۹	۱۷۰,۵	۱۴,۲۵
۳۷,۱	۱۷۷,۰	۱۵,۲۵
۳۹,۴	۱۸۳,۰	۱۶,۲۵
۴۱,۵	۱۸۸,۵	۱۷,۲۵
۴۳,۷	۱۹۳,۶	۱۸,۲۵
۴۵,۸	۱۹۸,۴	۱۹,۲۵
۴۸,۰	۲۰۲,۸	۲۰,۲۵
۵۰,۰	۲۰۶,۹	۲۱,۲۵

جدول ۹ - ممان دوم سطح برای لوله کوره چین‌دار شده از نوع فاکس (۱۵۰ چین و ۵۰ عمق کلی)

سطح مقطع عرضی	ممان دوم سطح	ضخامت دیواره بدون حد مجاز خوردگی
$X_2 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$	$I_1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$e_{rf-c} \text{ mm}$
۱۶,۴	۳۵,۶	۹,۲۵
۱۸,۰	۳۷,۷	۱۰,۲۵
۱۹,۶	۳۹,۶	۱۱,۲۵
۲۱,۲	۴۱,۲	۱۲,۲۵
۲۲,۸	۴۲,۷	۱۳,۲۵
۲۴,۴	۴۴,۱	۱۴,۲۵
۲۵,۹	۴۵,۳	۱۵,۲۵
۲۷,۴	۴۶,۴	۱۶,۲۵
۲۸,۹	۴۷,۴	۱۷,۲۵
۳۰,۴	۴۸,۳	۱۸,۲۵
۳۱,۹	۴۹,۲	۱۹,۲۵
۳۳,۳	۵۰,۱	۲۰,۲۵
۳۴,۸	۵۱,۰	۲۱,۲۵

۲-۱۳ محاسبه طول لوله کوره‌های ترکیبی

موقعی که طول بخش ساده کوره چین دار بیش از ۲۵۰ mm باشد، مجموع طول هر دو قسمت باید برای محاسبه ضخامت قسمت کوره چین دار استفاده شود و $1/5$ برابر طول قسمت ساده باید برای محاسبه ضخامت قسمت ساده استفاده شود.

۳-۱۳ رواداری‌های لوله کوره‌ها

برای لوله کوره‌های چین دار، ضخامت دیواره محاسبه شده باید کمینه ضخامت لوله کوره‌ها بعد از چین دار شدن باشد.

انحراف از دایره‌ای بودن u لوله کوره‌ها و محفظه‌های برگشتی باید با استفاده از فرمول (۸۱) محاسبه شود.

$$u = \frac{2(\hat{d} - \bar{d})}{\hat{d} + \bar{d}} \times 100 \quad (81)$$

که در آن:

\hat{d} بیشینه قطر متوسط کوره می‌باشد.

\bar{d} کمینه قطر متوسط لوله کوره می‌باشد.

برای مشاهده اندازه‌های رواداری لوله‌های کوره به استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۱۵۶ مراجعه شود. اندازه u در فرمول‌های (۷۴)، (۷۶) و (۸۰) برای لوله کوره‌های چین دار باید 1% و برای لوله کوره‌های ساده 1.5% در نظر گرفته شود.

۴-۱۳ حلقه‌های تقویتی

۱-۴-۱۳ کلیات

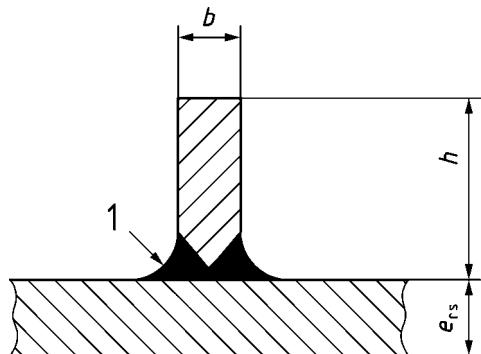
حلقه تقویتی جوش شده به لوله کوره‌ها باید از نظر برآورده نمودن الزامات این استاندارد مورد توجه قرار گیرند و نیازی به محاسبات ندارند مشروط بر اینکه $b \leq h \leq 6b$ و $2e \leq b \leq 5e$ مطابق با شکل‌های ۴۰ و ۴۱ باشند.

حلقه‌های تقویتی که با شکل‌های ۴۰ و ۴۱ مطابقت ندارند، باید دارای ممان دوم سطحی باشند که از مقدار ارائه شده در فرمول (۸۲) زیر کمتر نباشد:

$$I_2 = \frac{p_c d_m^3 L}{1.33 \times 10^6} \quad (82)$$

ممان دوم مقطع حلقه تقویتی پیرامون محور خنثی I_2 ، از جمله طولی از لوله کوره برابر با $0.55\sqrt{d_m e_{cf}}$ در هر دو طرف حلقه تقویتی، باید با مقطع حلقه تقویتی در محاسبات در نظر گرفته شود.

ابعاد بر حسب میلی متر



راهنمای:

b ضخامت حلقه تقویتی

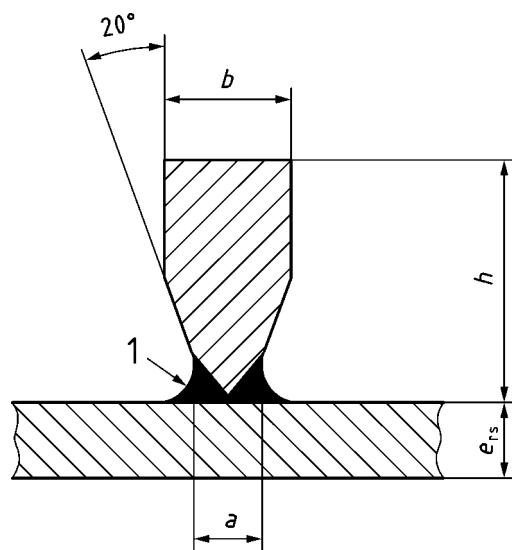
e_{rs} ضخامت دیواره

h ارتفاع حلقه تقویتی

1 جوش نفوذی کامل پیوسته

شکل ۴۰- حلقه تقویتی باضخامت تا و شامل ۲۲ mm برای مقاطع ساده و چین دار

ابعاد بر حسب میلی متر



راهنمای:

a ضخامت دیواره حلقه تقویتی در نقطه اتصال $\geq 22\text{mm}$

b ضخامت حلقه تقویتی

e_{rs} ضخامت دیواره

h ارتفاع حلقه تقویتی

1 جوش نفوذی کامل پیوسته

شکل ۴۱- حلقه های تقویتی کوره ضخیم تر از ۲۲ mm برای مقاطع چین دار و ساده

۲-۴-۱۳ مقاطع استحکام دهنده ساخته شده از میله یا ورق

مقاطع استحکام دهنده ساخته شده از میله یا ورق باید بهوسیله جوش های نفوذی کامل متصل شوند. ضخامت حلقه استحکام دهنده باید با کمینه مقدار الزام شده در زیربند ۱۳-۴-۱ حفظ شود. اگر این مقدار از ۲۲mm یا دو برابر ضخامت کوره بیشتر شود باید همانطور که در شکل ۴۱ نشان داده شده، شیبدار شود. نیازی نیست که سفت کننده هایی از همان مواد مورد استفاده برای کوره، ساخته شوند اما باید دارای مدول الاصیسیته و ضریب انبساط خطی مشابه ای با مواد کوره باشند. جنس حلقه های استحکام دهنده باید از موادی که در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۲۱۵۶ تعیین شده، انتخاب شوند. جوش های نفوذی کامل باید برای اتصال استحکام دهنده ها به لوله های کوره استفاده شود.

۳-۴-۱۳ استحکام دهنده هایی که درون منطقه ای از بالاترین شار حرارتی قرار می گیرند

در صورتی که استحکام دهنده ها به لوله کوره هایی با ضخامت بیش از ۱۱ mm، جوش شوند باید در ناحیه بالاترین شار حرارتی قرار داده شوند. ناحیه بالاترین شار حرارتی باید برای گستره ای با طولی مساوی با ۲ برابر کمینه قطره های کوره مورد نیاز مطابق با بخش ۵-۵ از نوک مشعل یا تا انتهای آتشدان، هر کدام که قابل اجرا باشد در نظر گرفته شود.
یادآوری - اعمال الزامات زیربند ۳-۴-۱۳ برای دیگهای با توان حرارتی ورودی کمتر از ۲ MW ضرورتی ندارد.

۴-۴-۱۳ بولینگ هوپ^۱

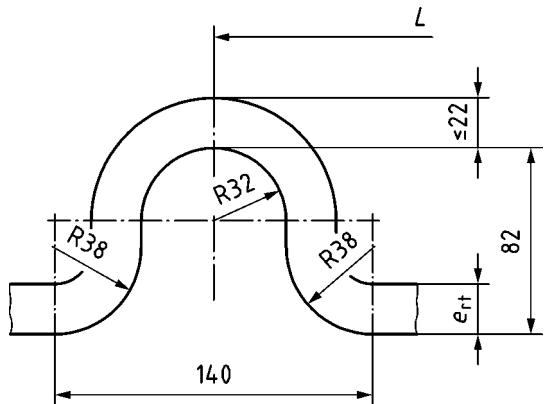
بولینگ هوپ ها باید به عنوان نقاط مؤثر تکیه گاهی در نظر گرفته شوند. کمینه گام مراکز بولینگ هوپ ها و فاصله بین بولینگ هوپ و یک نقطه تکیه گاهی ثابت برای انجام محاسبات باید به اندازه یک سوم قطر داخلی کوره در نظر گرفته شود اما نباید کمتر از ۵۰۰ mm باشد. در صورتی که بولینگ هوپ ها استفاده می شود، ضخامت کوره باید مطابق با زیر بند ۱-۱-۱۳ محاسبه شود.

در محاسبات زیر بند ۱-۱-۱۳ برای لوله کوره های تقویت شده توسط بولینگ هوپ ها، اندازه L باید ۱/۵ برابر طول واقعی بین مراکز بولینگ هوپ در نظر گرفته شود.

ممان دوم سطح بولینگ هوپ ها در جداول ۴۲ الف تا پ ارائه شده است. ممان دوم سطح بولینگ هوپ باید بزرگ تر یا مساوی آنچه توسط فرمول (۸۲) محاسبه می شود، باشد و L باید به عنوان طول واقعی بین بولینگ هوپ در نظر گرفته شود.

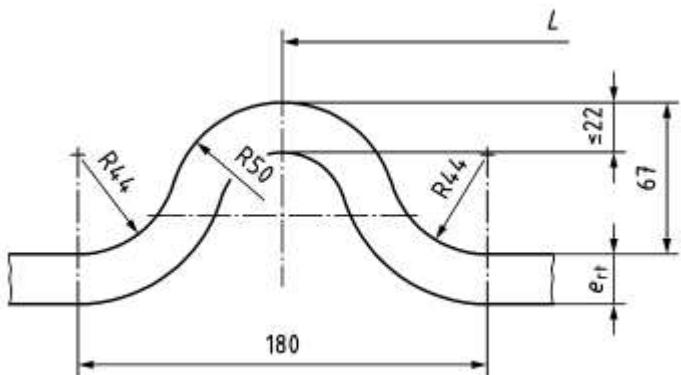
ضخامت اسمی دیواره بولینگ هوپ ها نباید از ضخامت اسمی دیواره لوله کوره های ساده که به هم متصل می شوند، کمتر باشد.

ابعاد بر حسب میلی متر



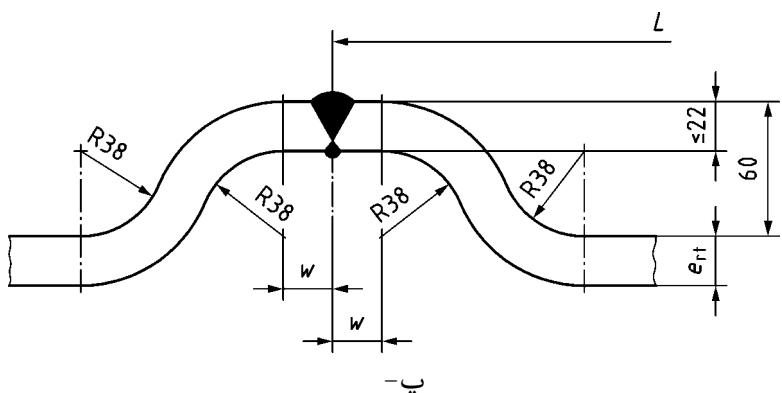
-الف-

ممان دوم سطح	ضخامت دیواره بدون حد مجاز خوردگی
$I_2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$e_{rt}-c \text{ mm}$
۱,۹۰	۹,۲۵
۲,۱۱	۱۰,۲۵
۲,۳۲	۱۱,۲۵
۲,۵۳	۱۲,۲۵
۲,۷۴	۱۳,۲۵
۲,۹۶	۱۴,۲۵
۳,۱۸	۱۵,۲۵
۳,۴۰	۱۶,۲۵
۳,۶۲	۱۷,۲۵
۳,۸۵	۱۸,۲۵
۴,۰۸	۱۹,۲۵
۴,۳۱	۲۰,۲۵
۴,۵۵	۲۱,۲۵



-ب-

ممان دوم سطح	ضخامت دیواره بدون حد مجاز خوردگی
$I_2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$e_{rt}-c \text{ mm}$
۱/۳۰	۹,۲۵
۱/۴۴	۱۰,۲۵
۱/۵۹	۱۱,۲۵
۱/۷۴	۱۲,۲۵
۱/۹۰	۱۳,۲۵
۲/۰۴	۱۴,۲۵
۲/۲۰	۱۵,۲۵
۲/۳۶	۱۶,۲۵
۲/۵۲	۱۷,۲۵
۲/۶۸	۱۸,۲۵
۲/۸۴	۱۹,۲۵
۳/۰۱	۲۰,۲۵
۳/۱۸	۲۱,۲۵



ممان دوم سطح	ضخامت دیواره بدون حد مجاز خوردگی
$I_2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$	$e_{rt}-c \text{ mm}$
۱/۱۴	۹/۲۵
۱/۲۸	۱۰/۲۵
۱/۴۱	۱۱/۲۵
۱/۵۵	۱۲/۲۵
۱/۷۰	۱۳/۲۵
۱/۸۶	۱۴/۲۵
۲/۰۴	۱۵/۲۵
۲/۲۲	۱۶/۲۵
۲/۴۱	۱۷/۲۵
۲/۶۰	۱۸/۲۵
۲/۸۰	۱۹/۲۵
۳/۰۱	۲۰/۲۵
۳/۲۲	۲۱/۲۵

راهنمای:

e_{rt} ضخامت واقعی دیواره لوله بدون حدود مجاز

L فاصله بین دونقطه مؤثر تکیه گاه کوره

W عمق کلی اسمی چین

یادآوری - $W = e_{rt}-c$ اما کمتر از ۱۳ نباشد.

شکل ۴۲ - بولینگ هوب

۱۴ دریچه های دسترسی و بازرسی

۱-۱۴ الزامات کلی

۱-۱-۱۴ به منظور اجازه دسترسی کافی برای ساخت، تمیزکاری و بازرسی داخلی، تمامی دیگ ها باید با دریچه های مناسب از نظر اندازه و تعداد، ساخته شوند. ابعاد دریچه ها باید مطابق با زیربند ۱۴-۲ باشد.

۲-۱۴ دیگ های با قطر پوسته

الف - بزرگ تر یا مساوی 1400 mm ($d_o \geq 1400 \text{ mm}$) باید به گونه ای طراحی شوند که اجازه ورود شخص به داخل دیگ را بدهد و بدین منظور باید با یک سوراخ آدمرو ساخته شوند.

ب - بین 1400 mm ($1400 < d_o < 800 \text{ mm}$) باید با یک سوراخ سر رو به عنوان یک الزام کمینه ای تعییه شود.

پ- کوچکتر از mm ۸۰۰، مجاز هستند تا با ابزار جایگزینی برای اجرای بازرگانی های داخلی طراحی شوند. این ابزار می تواند به شکل سوراخ هایی باشد (دربیچه سر رو، دسترسی از طریق اتصالات فلنجی، لوله های جدا شونده از نازل ها و غیره باشد)، جائی که استفاده از فنون بازرگانی چشمی از دور برای مثال آندوسکوپی بتواند استفاده شود.

۳-۱-۱۴ برای دیگ های مشخص، جائی که فضاهای داخلی به طور کامل توسط سطوح حرارتی پوشیده است (برای مثال لوله های دود، مانند دیگ های آب داغ) نصب انواع جایگزین دربیچه های بازرگانی برای فراهم نمودن امکان دسترسی به سطوح بالایی دیگ مجاز می باشد. این کار می تواند به وسیله فراهم نمودن پدهایی با فلنج های کورکن یا لوله کشی قابل جدا شدن در اتصالات نازل انجام شود. همچنین تجهیزات بازرگانی چشمی از دور^۱ RVI در صورت مناسب بودن برای این کار می توانند استفاده شوند. تعداد و اندازه دربیچه های بازرگانی جایگزین باید کفایت لازم را جهت دسترسی چشمی کافی برای سطوح داخلی بالای دیگ داشته باشد.

۴-۱-۱۴ تعداد، اندازه و موقعیت دربیچه های بازرگانی و دسترسی باید مطابق با طراحی دیگ برای اطمینان از اینکه آزمون چشمی مناسبی از درز های جوش توسط این دربیچه ها امکان پذیر است متفاوت باشد.

۲-۱۴ انواع و کمینه ابعاد دربیچه های بازرگانی و دسترسی

شكل دربیچه های بازرگانی می تواند به صورت دایره ای یا بیضوی باشد.

الف- دربیچه های دست رو (به شکل ۴۳ مراجعه شود)

ابعاد دربیچه دست رو برای تمیز کاری نباید کمتر از mm ۱۰۰ × ۸۰ باشد یا باید دارای قطر داخلی mm ۱۰۰ باشد.

ابعاد دربیچه دست رو برای بازرگانی نباید کمتر از mm ۱۵۰ × ۱۰۰ باشد یا باید دارای قطر داخلی mm ۱۲۰ باشد. ارتفاع گلوبی یا حلقه h_t نباید از mm ۶۵ و یا در صورت مخروطی بودن آن از mm ۱۰۰ بیشتر شود.

ب- دربیچه های سر رو (به شکل ۴۳ پ مراجعه شود)

ابعاد دربیچه های سر رو نباید از mm ۳۲۰ × ۲۲۰ کمتر باشد یا باید دارای قطر داخلی mm ۳۲۰ باشد.

ارتفاع گلوبی یا حلقه h_t نباید از mm ۱۰۰ یا در صورت مخروطی بودن آن از mm ۱۲۰ بیشتر شود.

پ- دربیچه های آدمرو (به شکل های ۴۳ الف، ب، ث مراجعه شود)

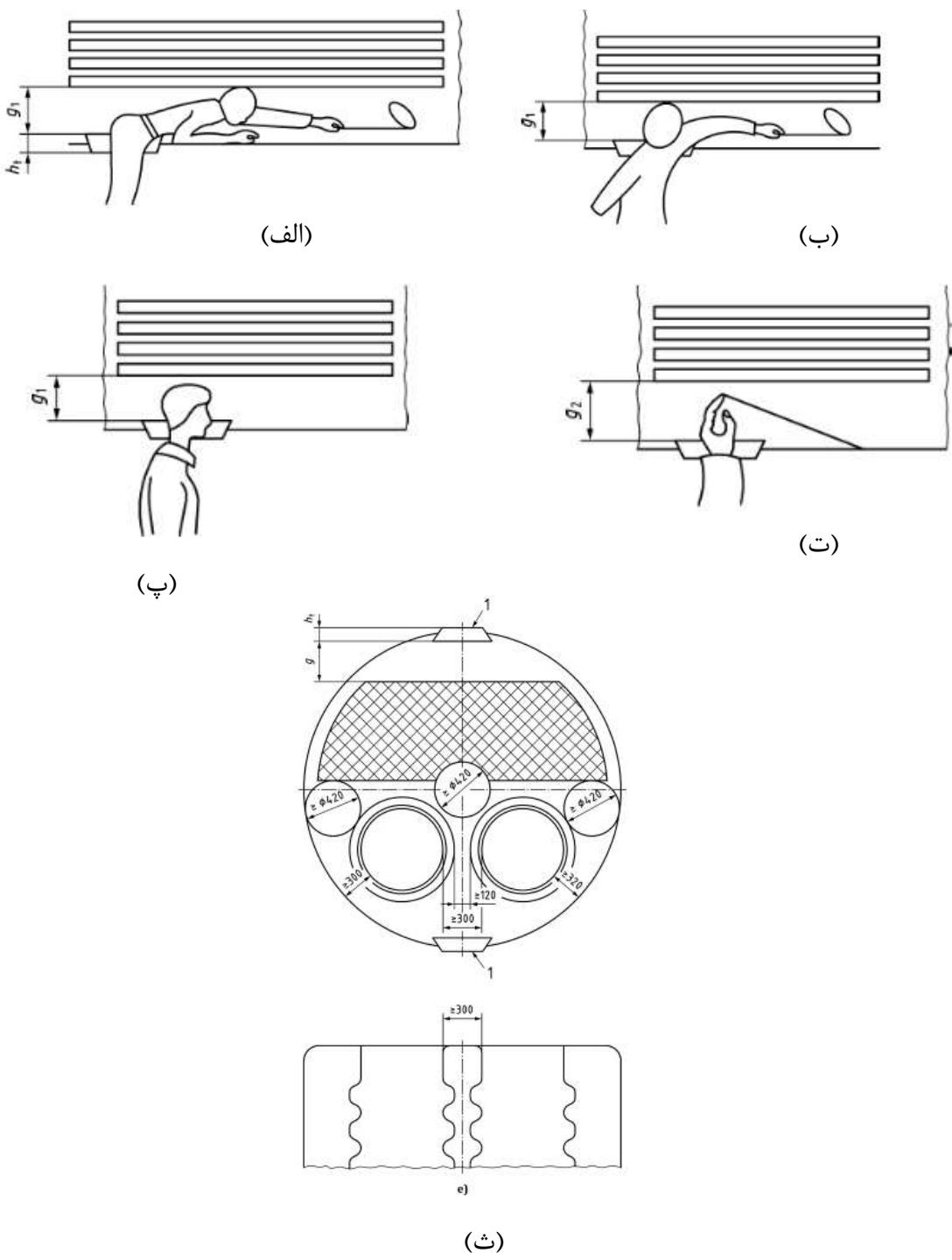
ابعاد دربیچه های آدمرو نباید از mm ۴۲۰ × ۳۲۰ کمتر باشد یا باید دارای قطر داخلی mm ۴۲۰ باشد.

ارتفاع گلوبی یا حلقه h_t نباید از mm ۳۰۰ بیشتر شود.

ت- نازل برای بازرگانی چشمی از دور (RVI)

نازل های مورد استفاده در بازرگانی چشمی از دور نباید کمتر از DN50 باشند.

تمامی ابعاد بر حسب میلی متر



راهنما:

یادآوری ۱- ارتفاع تمیز کاری g_2, g_1, g

یادآوری ۲- ارتفاع حلقه دریچه h_1

یادآوری ۳- سوراخ آدم رو

یادآوری ۴- ابعاد و فواصل برای دریچه های دسترسی و بازرسی h_1, h_2, g_1, g_2 را در جدول ۱۱ ببینید.

یادآوری ۵- برای شکل های ۴۳ الف، ب، پ و ت قابل کاربرد است.

یادآوری ۶- برای اندازه سوراخ آدم رو و ابعاد g به جدول ۱۱ مراجعه شود.

یادآوری ۷- شکل فرعی ۷ مثالی مطابق با زیربند ۱۴-۲-۵ را نشان می دهد.

شکل ۴۳- دریچه هایی برای دسترسی و بازرسی

جدول ۱۱- دریچه هایی برای دسترسی و بازرسی

نوع	h_t	g	g_1	g_2	شكلها
دریچه آدمرو (mm)	۳۰۰	۴۰۰	۳۲۰	-	ث ۴۳ الف
دریچه سر رو	۱۰۰	-	۱۵۰	-	پ ۴۳
دریچه دست رو	۶۵	-	۱۵۰	-	ت ۴۳
نازل برای بازرسی چشمی از دور	-	-	-	-	

g بزرگتر یا مساوی فاصله موردنیاز بین لبه پائین تر حلقه دریچه و اجزای داخلی دیگ برای اجازه دسترسی انسان
g1 بزرگتر یا مساوی فاصله موردنیاز بین لبه پائین تر حلقه دریچه و اجزای داخلی دیگ برای اجازه دسترسی با سر با استفاده از سوراخ های آدمرو یا سرو
g2 بزرگتر یا مساوی فاصله موردنیاز بین لبه پائین تر حلقه دریچه و اجزای داخلی دیگ برای استفاده به عنوان یک سوراخ دست رو (یعنی بازرسی با آینه)
 h_t کوچکتر یا مساوی ارتفاع حلقه دریچه
یادآوری- برای الزامات بیشتر به زیربند ۱۴-۵ مراجعه شود.

۳-۱۴ کمینه پهنهای نشیمنگاه واشر و حد مجاز برای درهای بازرسی و دسترسی

درهای بازرسی و دسترسی که از داخل تحت فشار بوده نیروی فشاری از داخل دیگ به واشر تخت اعمال می شود باید کمینه پهنهای نشیمنگاه آنها برای دریچه آدمرو و سر رو ۱۵ mm باشد برای دریچه های دست رو این مقدار می تواند تا ۱۰ mm کاهش یابد. مقدار فضای آزاد بین چارچوب در و برجستگی یا فرورفتگی محل نشیمنگاه واشر، نباید از ۳ mm بیشتر شود، یعنی ۱/۵ mm از هر طرف و عمق محل برجستگی نشیمنگاه باید جهت گیر کردن واشر کافی باشد.

۴-۱۴ دریچه های دسترسی و بازرسی در صفحه های تخت

در صورتی که دریچه های بازرسی و دسترسی در صفحات تخت قرار گیرند، دریچه ها باید به طور مناسبی تقویت شوند (به شکل ۳۴ مراجعه شود).

۵-۱۴ الزاماتی برای محل ورود به دیگ هایی با قطر خارجی پوسته بزرگتر از ۱۴۰۰ mm

۱-۵-۱۴ فضای قابل دسترسی در منطقه ورودی در جهت محور دیگ که مطابق با استاندارد EN13445-3 در راستای دیگ اجرا می شود باید دست کم شامل سطح مقطعی متناظر با اندازه قطر ۶۰۰ mm باشد. چنانچه این فضا شامل یک دایره محاطی با کمینه قطر ۴۲۰ mm و فضاهای گوهای شکل مجاور که آزادی کافی حرکت را تضمین می نماید، باشد این الزام رضایت بخش تلقی می شود. هنگام ورود در امتداد کف دیگ (یا در وضعیت های مشابه حرکت برای مثال در بالای مجموعه لوله ها) همچنین هنگام بالا رفتن از طریق دریچه آدمرو پایینی (مطابق شکل ۴۳ ث) یا دریچه آدمرو بالایی (مطابق شکل ۴۳ الف) باشد و در صورتی که عرض فضای ورودی (چنانچه گوهای کردن^۱ امکان پذیر باشد) دست کم ۶۰۰ mm باشد یک ارتفاع ۴۰۰ mm بین پوسته دیگ (اطراف دریچه آدمرو) و مجموعه لوله در محل ورودی در جهت محور باید کافی باشد. برای

1- Wedge shaped

فضاهای کوچک‌تر، فقط قسمت بالایی بدنی یا کلگی نیاز به ورودی دارد همان‌طور که در شکل ۴۳ ث نشان داده شده است.

۲-۵-۱۴ چنانچه عبور از یک فضای بازرسی به فضای دیگر و فاصله فضای جانبی ضروری باشد، داشتن فضایی با فاصله دست کم 300 mm در باریک‌ترین محل باید کافی باشد.(به شکل ۴۳ ث مراجعه شود)

۶-۱۴ قابلیت دسترسی و ترتیب قرارگیری دریچه‌های بازرسی و ورودی

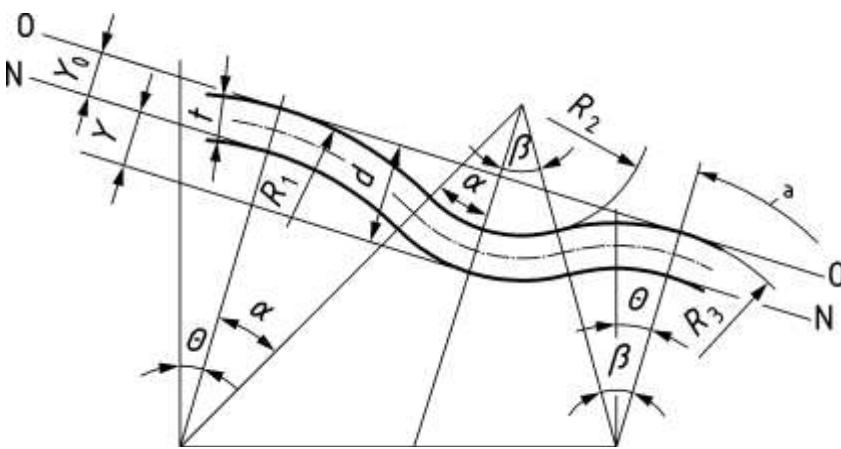
تمامی دریچه‌های بازرسی و ورودی باید در دسترس بوده یا باید باقابلیت دسترسی آسان ساخته شوند. هنگام نصب پمپ‌ها، شیرآلات، سوپرهیترها، ساختمان چارچوب‌ها، فونداسیون و غیره باید قابلیت دسترسی دریچه‌ها در نظر گرفته شود. در هر حالت ترتیب قرارگیری دریچه بازرسی و ورودی در راستای محور دیگ یا عمود بر آن باید به‌گونه‌ای باشد تا شرایط مطلوب برای بازرسی تا حد امکان ایجاد شود.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

فرم محاسباتی برای مقاطع منحنی شکل یا چین‌های برگشتی نوع واکر

فرم کار پیشنهادی، روشی است که با استفاده از آن فشار تحمل انحنای معکوس محفظه‌های برگشتی غیردایره‌ای می‌تواند همان‌گونه که در زیربند ۱-۱-۱۳-۵ الزام شده محاسبه شوند.

کمینه مطابق با زیربند ۱-۱-۱۳ اما نباید کمتر از t باشد. ^a		فشار طراحی $N/mm^2 =$
		دما طراحی ${}^\circ C =$
		تنشط طراحی $N/mm^2 = f =$
		$mm = R_1$
		$mm = R_2$
		$mm = R_3$
		$mm = b$
		(خورده شده) $mm = t$
		فاصله بین مرکز پایه $(\leq 4 \sqrt{2Rt})$
		جاییکه R بزرگ‌تر از R_1 یا R_3 باشد.
$r_3 = R_3 - t/2 = mm$	$r_2 = R_2 + t/2 = mm$	$r_1 = R_1 - t/2 = mm$
$\Theta = \sin^{-1} \left(\frac{r_1 - r_3}{b} \right) =$		
$\alpha = 90 - \cos^{-1} \left[\frac{(r_1 + r_2)^2 + b^2 - (r_2 + r_3)^2}{2(r_1 + r_2)b} \right] - \Theta =$		
$\beta = 90 - \cos^{-1} \left[\frac{(r_2 + r_3)^2 + b^2 - (r_1 + r_2)^2}{2(r_2 + r_3)b} \right] + \Theta =$		
$d = r_2 - (r_1 + r_2) \cos \alpha + r_1 + t =$		mm
برای موقعیت‌های مرکز ثقل -		
$y_1 = r_1 + t/2 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \times \frac{2}{3} \left[\frac{(r_1 + t/2)^3 - (r_1 - t/2)^3}{(r_1 + t/2)^2 - (r_1 - t/2)^2} \right] \frac{180}{\pi} =$ mm		

$Y_2 = d - r_2 - t/2 + \frac{\sin \alpha}{\alpha} \times \frac{2}{3} \left[\frac{(r_2 + t/2)^3 - (r_2 - t/2)^3}{(r_2 + t/2)^2 - (r_2 - t/2)^2} \right] \frac{180}{\pi} =$	mm
$Y_3 = d - r_2 - t/2 + \frac{\sin \beta}{\beta} \times \frac{2}{3} \left[\frac{(r_3 + t/2)^3 - (r_3 - t/2)^3}{(r_3 + t/2)^2 - (r_3 - t/2)^2} \right] \frac{180}{\pi} =$	mm
$Y_4 = r_3 + t/2 - \frac{\sin \beta}{\beta} \times \frac{2}{3} \left[\frac{(r_3 + t/2)^3 - (r_3 - t/2)^3}{(r_3 + t/2)^2 - (r_3 - t/2)^2} \right] \frac{180}{\pi} =$	mm
- با توجه به مناطق هر بخش	
$a_1 = r_1 \alpha \frac{t \pi}{180} =$	$a_3 = r_2 \beta \frac{t \pi}{180} =$
mm^2	mm^2
$a_2 = r_2 \alpha \frac{t \pi}{180} =$	$a_4 = r_3 \beta \frac{t \pi}{180} =$
mm^2	mm^2
$A = \sum a =$	mm^2
ممان‌ها حول	
$Y_0 = \frac{a_1 Y_1 + a_2 Y_2 + a_3 Y_3 + a_4 Y_4}{\sum a} =$	$Y = d - Y_0 =$
mm	mm
N-N برای ممان اینرسی‌های دوم سطح حول محور خنثی	
$I_1 = \left[\frac{\alpha \pi}{90} + \sin 2\alpha \right] \times \left[\frac{(r_1 + t/2)^4 - (r_1 - t/2)^4}{16} \right] - a_1 (r_1 + t/2 - Y_1)^2 + a_1 (Y_0 - Y_1)^2 =$	mm^4
$I_2 = \left[\frac{\alpha \pi}{90} + \sin 2\alpha \right] \times \left[\frac{(r_2 + t/2)^4 - (r_2 - t/2)^4}{16} \right] - a_2 (r_2 + t/2 - d + Y_2)^2 + a_2 (Y_2 - Y_0)^2 =$	mm^4
$I_3 = \left[\frac{\beta \pi}{90} + \sin 2\beta \right] \times \left[\frac{(r_3 + t/2)^4 - (r_3 - t/2)^4}{16} \right] - a_3 (r_3 + t/2 - d + Y_3)^2 + a_3 (Y_3 - Y_0)^2 =$	mm^4
$I_n = \sum I =$	mm^4
$I_n = \sum I =$	mm^4
$P_{\max} = \frac{8 f I_n}{\gamma L^2 b \cos \Theta} =$	N/mm^2
اگر $P_{\max} > P_{\text{design}}$ بنابراین مقطع در نظر گرفته شده قابل قبول است	

پیوست ب
(الزامی)
دماهای محاسباتی کوره

ب-۱ محاسبه بیشینه و متوسط دمای دیواره کوره

درصورتی که دمای ماده مطابق با فرمول ب-۲ بیش از 420°C باشد خرمش باشد در محاسبه استحکام با توجه به بند ۱۳ در نظر گرفته شود. محاسبات مربوط به بند ۱۳ باید برای هردوی $R_{m/100000/\text{tc}}$ و $R_{P0.2\text{tc}}$ انجام شود.

بیشینه دمای کوره $\vartheta_{m,f} [^{\circ}\text{C}]$ در سطح داخلی:

$$\vartheta_{m,f} = \vartheta_w + \varphi_1 \times (1/h + e_s/\lambda_s + e_{fa}/\lambda) \quad (\text{ب-۱})$$

دمای کوره در وسط ضخامت دیواره $\vartheta_{mg} [^{\circ}\text{C}]$:

$$\vartheta_{mg} = \vartheta_{m,f} - 0,5 \times \varphi_1 \times e_{fa}/\lambda \quad (\text{ب-۲})$$

که در آن:

ϑ_w دمای اشباع $[^{\circ}\text{C}]$

φ_1 بیشینه سطح شار حرارت $[\text{W/mm}^2]$

$$\varphi_1 = k \times \eta \times \Phi_b / A \quad (\text{ب-۳})$$

با محدودیت بیشترین $0,33 \text{ W/mm}^2$

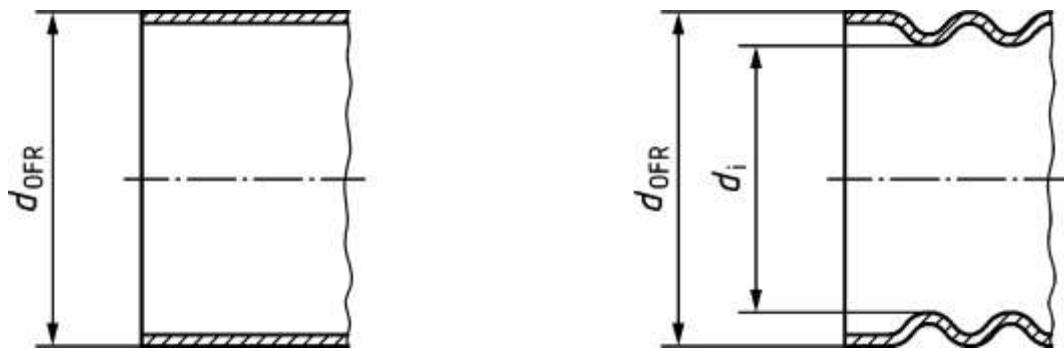
k [-] : اثر مقابله (نرخ بین بیشینه و میانگین شار حرارتی در دیواره کوره)

$$\text{Oil: } k = 0,93 + 0,16 \times 1/D_g + 0,008 \times (l/Dg)^2 \quad (\text{ب-۴})$$

$$\text{Gas: } k = 1 + 0,1 \times l/D_g \quad (\text{ب-۵})$$

محاسبه قطر کوره (به شکل ب-۱ مراجعه شود) D_g (mm)

طول کوره (به شکل ب-۲ مراجعه شود) l (mm)

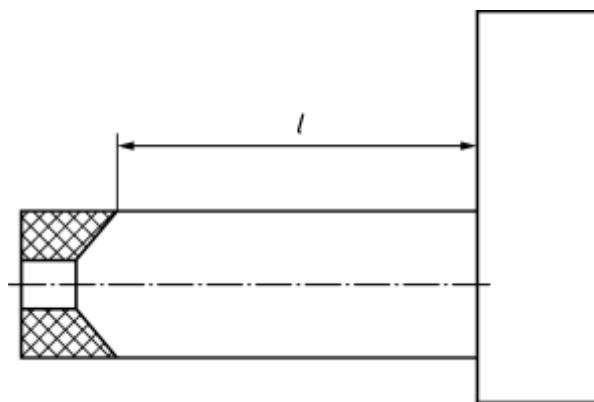


راهنما:

d_i قطر داخلی

D_{OFR} قطر خارجی

شکل ب-۱ محاسبه قطر کوره با رعایت $D_g = d_{OFR} + d_i / 2$



راهنما:

l طول آزاد کوره

شکل ب-۲ طول آزاد کوره

η : بازده کوره [-]

$$\eta = (\vartheta_{f,th} - \vartheta_{f,e}) / \vartheta_{f,th} \quad (B-6)$$

دما در انتهای محفظه احتراق (به شکل ب-۲ مراجعه شود) $\vartheta_f [^{\circ}\text{C}]$

$$\vartheta_{f,e} = 0/5 \{ [2 (u^2 + 4 m (\vartheta_{f,th} + 273[^{\circ}\text{C}]))^{0/5} - u]^{0/5} - u^{0/5} \} - 273[^{\circ}\text{C}] \quad (B-7)$$

پارامترهای سرویس $[^{\circ}\text{C}^3] \text{ m}$

$$m = 1 / (\varepsilon \times \sigma \times \vartheta_{f,th}) \times \Phi_b / A \quad (B-8)$$

$\sigma = 10^{-14} \cdot [W/mm^2 K^4] \cdot 5/67$ ثابت استفان-بولتزمن

ϵ : ضریب نشر (به جدول ب-۱ مراجعه شود)
 $\vartheta_{f;th}$: درجه حرارت تئوری شعله (به جدول ب-۱ مراجعه شود)

جدول ب-۱- ضریب نشر - دما تئوری شعله

ϵ	$\vartheta_{f;th}$ [°C]	سوخت
0/7	2 050	نفت
0/5	1 950	گاز

$$\Phi_b = H \times 10^{-6} \text{ W} \quad \Phi_b \text{ توان حرارتی اشتعال ورودی W}$$

$$A \text{ سطح کوره} \quad [mm^2] \quad A$$

$$A = \pi \times D_g \times (l + 0/25 \times D_g) \quad (b-9)$$

$$u = [(a + 1)^{1/3} - (a - 1)^{1/3}] \times (0.5 \times m)^{1/3} \quad (b-10)$$

u: پارامتر سرویس

$$a = \{ 1 + [256 \times (\vartheta_{f;th} + 273°C)^3] / (27 \times m) \}^{1/5} \quad (b-11)$$

a: پارامترهای سرویس

(h=0,018W/mm²K): ضریب انتقال حرارتی در کوره: آب (معمولًا):
EN 12953-10: پوشش کوره (معمولًا کمینه بار e_s=0,1mm PS≤20mm) و کیفیت آب مطابق با استاندارد باشد.

λ_s [W/mm K]: ضریب انتقال حرارتی از ماده پوشش کوره
 $\lambda_s = 0,0012 \text{ W/mm K}$ از مقیاس بویلر

e_{fa} (mm): ضخامت محاسبه شده دیواره کوره با حدود مجاز

جدول ب-۲- ضریب هدایت حرارتی λ در W/mm K تابعی از دما

500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	
0,0400	0,0435	0,0470	0,0505	0,0538	0,0547	P265GH P295GH P355GH

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

محاسبه درجه حرارت صفحه لوله

پ-۱ کلیات

این پیوست روشی برای محاسبه دمای سطح داغ فلز و دمای متوسط (طراحی) صفحه لوله‌های درون شبکه لوله فراهم می‌کند.

در این محاسبات، شرایط انتقال حرارت تحت حالت یکنواخت در نظر گرفته شده است.

الف - انتقال حرارت گازهای داغ به سطح صفحه لوله و سطح داخلی لوله‌ها شامل تأثیر دهانه ورودی لوله، به صورت جابجایی و نیز شامل تبادل تشعشعی در محفظه برگشته به صورت تشعشعی؛

ب - انتقال حرارت بهوسیله هدایت حرارتی از طریق صفحه لوله و دیواره لوله‌ها از سطح صفحه لوله و سطح داخلی لوله‌ها به سطوح مجاور آب با واسطه وضعیت حرارتی در سرتاسر صفحه لوله و دیواره‌های لوله از طریق سطح صفحه لوله و سطوح داخلی لوله به سطوح اطراف آب، با فرض تماس حرارتی مناسب بین لوله و ورق؛ و

ج - انتقال حرارت بهوسیله جوشش از سطوح مجاور آب؛

این روش و نمودارهای طراحی بهوسیله اطلاعات منتشرشده انتقال حرارت به دست آمده‌اند و در آن‌ها برخی تقریبات جهت اختصار و تسهیل به کاربرده شده‌اند که تمایل دارند اثر یکدیگر را جبران نمایند. دماهای اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در جایی که اطلاعات کاملی در دسترس بوده است مطابقت خوبی را نشان می‌دهد.

پ-۲ نمادها

در این پیوست نمادهای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۱۵۶ و جدول ۱ و جدول پ-۱ به کاربرده می‌شود.

جدول پ-۱- نمادها

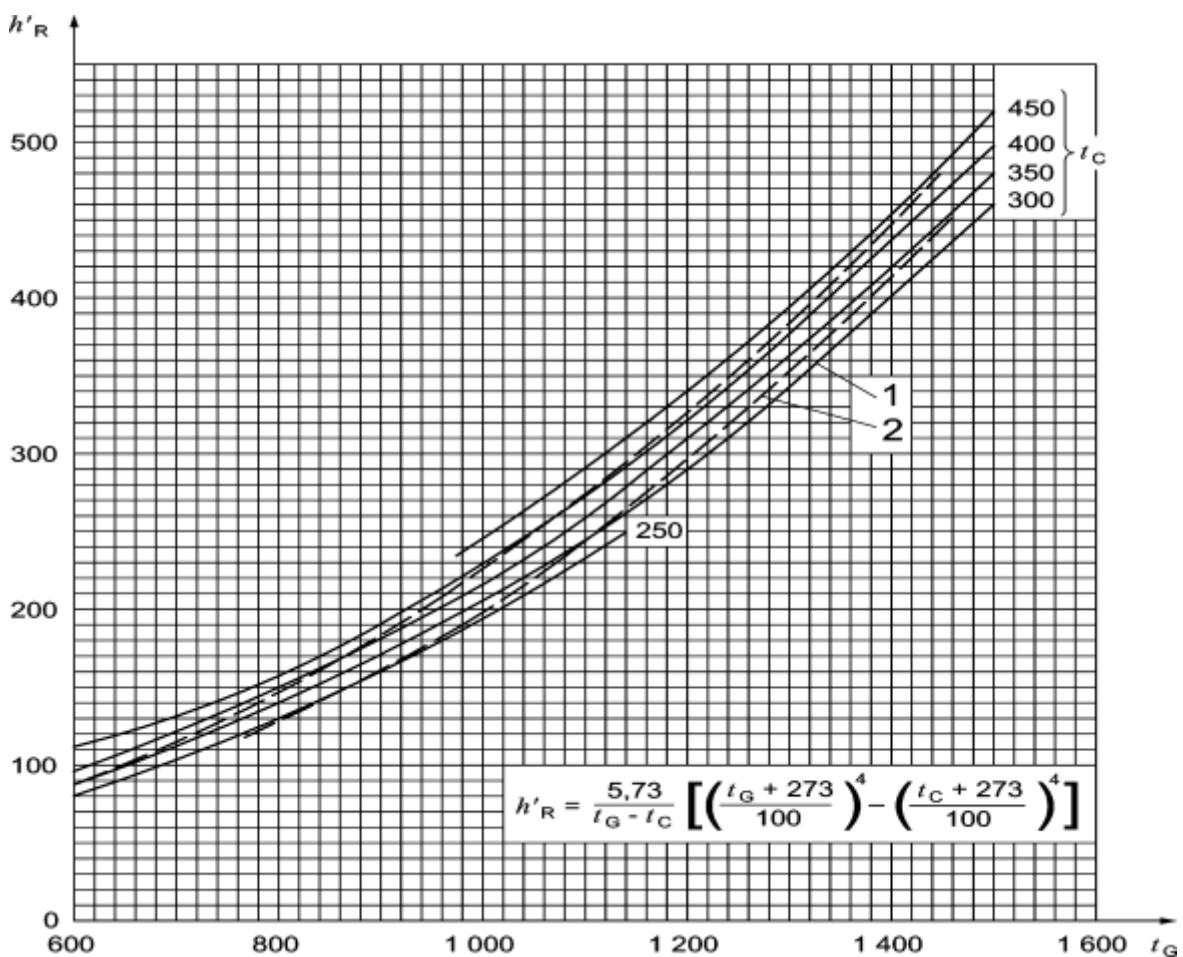
نماد	شرح	واحد
A	سطح حرارت ورودی به المان صفحه لوله از سطوح داخل لوله (شکل پ-۷)	mm^2
A_C	سطح مقطع مؤثر کل خنک شده با آب در محفظه برگشته	mm^2
A_R	سطح کل مواد نسوز در محفظه برگشته	mm^2
a	سطح حرارت ورودی به المان صفحه از سطح صفحه لوله (شکل پ-۸)	
C	ضریب تصحیح برای مقاومت حرارتی تماس لوله به صفحه لوله	
d	قطر داخلی لوله انتقال گرما	mm
D	قطر داخلی محفظه برگشته (برای محفظه‌های استوانه‌ای)	mm

نام	شرح	واحد
e	ضخامت صفحه لوله	mm
F	ضریب تبادل کل برای تبادل تشعشعی در محفظه برگشتی (شکل پ ۲)	
G	نرخ جریان ویژه گاز درون لوله	kg/(m ² .s)
h_{CE}	ضریب انتقال حرارت در ورودی لوله (شکل پ ۶)	W/(m ² .K)
h_{CO}	مبنای ضریب انتقال حرارت تصحیح شده (شکل پ ۵)	W/(m ² .K)
h'_{CO}	مبنای ضریب انتقال حرارت فرضی (شکل پ ۴)	W/(m ² .K)
h_m	هدایت گرمایی صفحه لوله	W/(m ² .K)
h_R	ضریب تشعشع صفحه لوله	W/(m ² .K)
h'_R	ضریب تشعشع برای تبادل حرارتی در جسم سیاه (شکل پ ۱)	W/(m ² .K)
h_t	ضریب انتقال حرارت متوسط	W/(m ² .K)
L	طول محفظه برگشتی داخلی (برای محفظه های استوانه ای)	mm
L_B	طول پرتو تابش محفظه برگشتی	mm
N	مقدار ثابت سمت آب = ۴۰۰۰	W/(m ² .K)
p	گام متوسط بین مرکز لوله ها	mm
t	دما متوسط (طراحی) صفحه لوله	°C
t_C	حدس اولیه برای t_M	°C
t_G	دما واقعی گاز در ورودی لوله ها	°C
t_M	دمای سطح داغ فلز صفحه لوله	°C
t_S	دمای آب دیگ	°C
β	ضریب دمای متوسط صفحه لوله (شکل پ ۱۲)	
η	ضریب انتقال حرارت برای المان صفحه لوله (شکل پ ۱۰)	
λ	ضریب هدایت حرارتی صفحه لوله ۴۰۰۰۰ = برای فولادهای با درجه ۴۶۰ و ۴۹۰ ۴۵۰۰۰ = برای فولادهای با درجه ۴۰۰ و ۴۳۰	W.mm/(m ² .K)
Φ	ضریب گرمایی سطح داغ صفحه لوله (به شکل پ ۱۱ مراجعه شود)	

پ-۳ روش محاسبه

پ-۱-۳ ضرایب تشعشع

ضریب تشعشع h'_R برای تبادل حرارتی جسم سیاه، یعنی برای حالتی که ضریب تشعشع برابر یک و $F=1$ می باشد، از شکل پ-۱ تعیین می شود. دما گاز t_G در ورودی لوله، باید همان مقدار دقیقی باشد که توسط وسیله اندازه گیری دقیق دماهای بالا اندازه گیری شده است. (ترموکوپل معمولی همیشه مقدار دمای پایین تری را نشان می دهد، خطای ممکن است تا بالای ۳۰۰ °C باشد). یک مقدار اولیه t_C برای دما فلز سطح داغ صفحه لوله فرض می کنیم. استفاده از مقادیر نمونه نمایش داده شده در شکل پ-۱ معمولاً باعث پرهیز از تکرار مجدد محاسبات می شود.



راهنمای:

1: نمودار دیگ‌های نوع عقب خشک

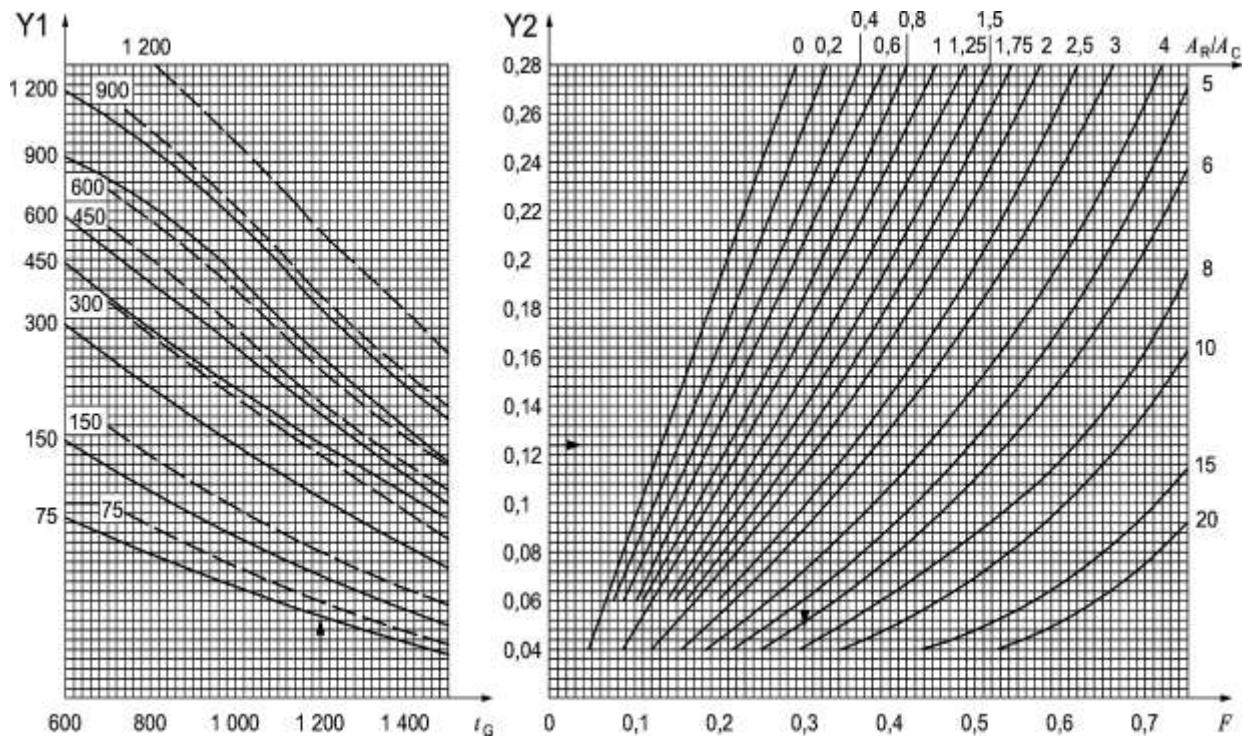
2: نمودار دیگ‌های نوع عقب مرطوب

t_G : دمای واقعی گاز در ورودی لوله (°C)

h'_R : ضریب تابش (W/m².K)

شکل پ-۱ ضریب تشعشع h'_R برای تبادل در جسم سیاه ($F=1$)

قابلیت انتشار گاز در محفظه برگشتی به آنالیز گاز، درجه حرارت، فشار جزئی و طول پرتو بستگی دارد. نمودارهای شکل پ-۲ بر اساس هواهای اضافی که معمولاً در دیگ‌های بخار شعله مستقیم استفاده می‌شود، تهیه شده است. برای محصولات احتراق ذغال سنگ، پیشنهاد می‌شود که نمودار گاز طبیعی بهمنظور اجازه تابش ذرات، استفاده شود. برای سایر مخلوط گازها، قابلیت انتشار گاز باید از یک متنی درباره انتقال حرارت تشعشعی مشخص شود. برای مثال به ردیف [1] کتابنامه مراجعه شود.



راهنمای:

Y_1 طول باریکه (mm)

Y_2 قابلیت انتشار گاز

t_G دما گاز حقيقی در لوله خالی ($^{\circ}\text{C}$)

F ضریب تبادل کل

گاز طبیعی و زغال سنگ ---

سوخت نفت —

شکل پ-۲ تعیین ضریب تبادل کل F

طول پرتو تابش L_B برای محفظه‌های برگشتی استوانه‌ای باید مطابق با فرمول زیر به دست آید:

$$L_B = \frac{0,83 L}{L/D + 0,5} \quad (1-\text{پ})$$

برای محفظه‌ای که استوانه‌ای شکل نیستند، طول پرتو تابش باید مطابق با فرمول زیر به دست آید:

$$L_B = 3,3 \frac{V_c}{A_{CS}} \quad (2-\text{پ})$$

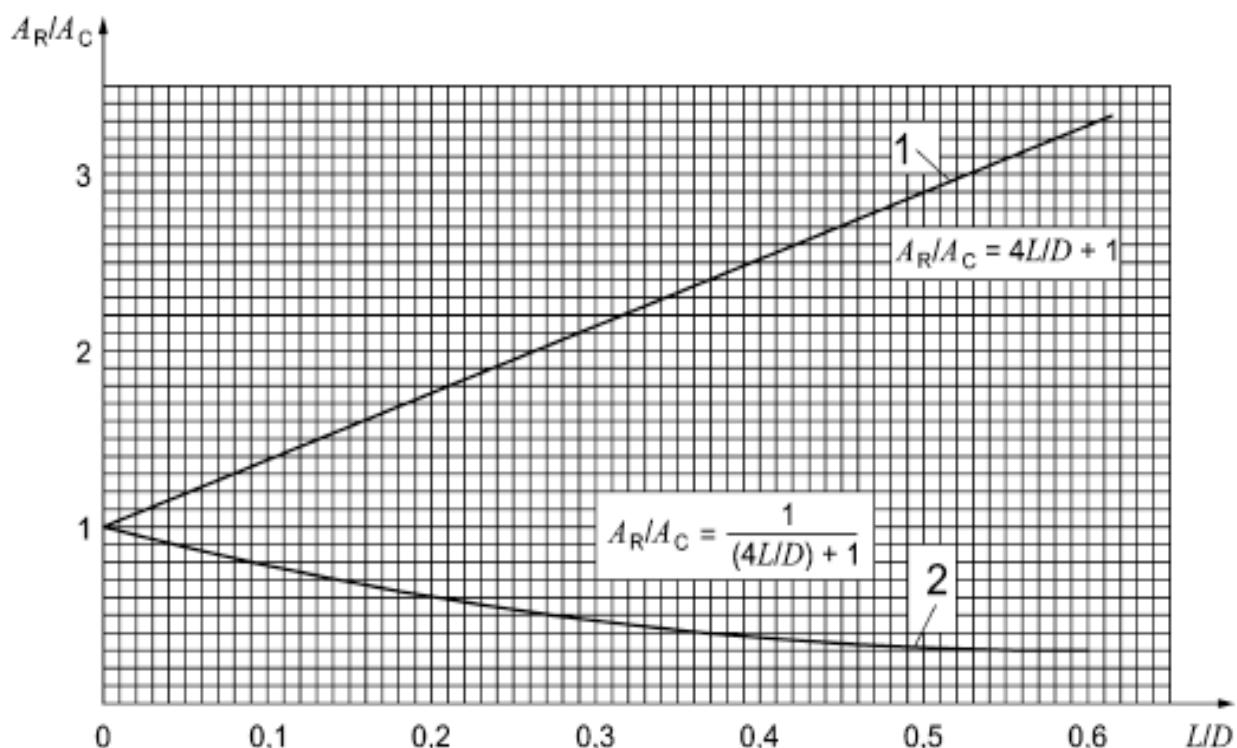
که در آن:

حجم محفظه می‌باشد.

A_{CS} مساحت سطح محفظه می‌باشد.

در محاسبه مساحت سطح محفظه، نباید مساحت سوراخ لوله‌ها و یا دهانه لوله کوره را کسر نمود. برای محفظه‌هایی که دارای روکشی از مواد نسوز هستند، A_R/A_C نسبت مساحت سطح کل مؤثر مواد نسوز به مساحت سطح مؤثر خنک شونده در محفظه می‌باشد. A_R/A_C باید مطابق با شکل پ-۳ به دست می‌آید. A_c شامل مساحت کلی محصور شده توسط صفحه لوله می‌باشد یعنی مساحت سوراخ‌ها یا دهانه لوله کوره را نباید کم نمود.

برای محفظه‌های استوانه‌ای ممکن است از شکل-پ-۳ به دست آید.
برای محفظه‌هایی که کاملاً با آب خنک می‌شوند، $A_R/A_C = 0$ می‌باشد.



راهنمای:

1: عقب خشک

2: عقب نیمه مرتبط

یادآوری - برای محفظه‌هایی که استوانه‌ای نیستند، مساحت کل صفحه لوله در A_C در نظر گرفته می‌شود. (مساحت سوراخ لوله‌ها و دهانه لوله کوره کم نمی‌شود).

شکل پ-۳ - برابری محفظه برگشتی استوانه‌ای با قطر D و طول L

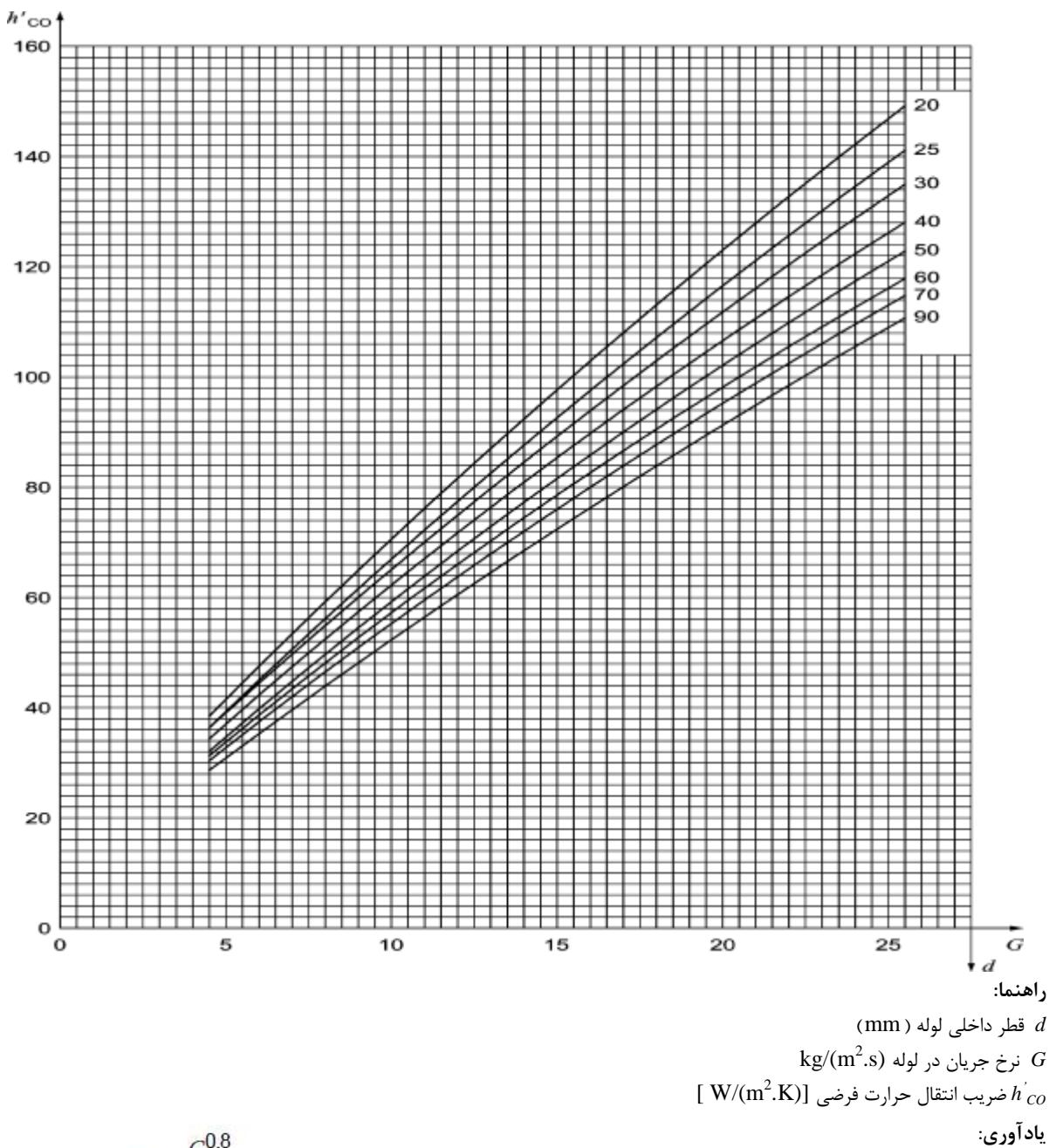
ضریب تبادل کل از شکل پ-۲ مشخص می‌شود، سپس ضریب تشعشع برای سطح صفحه لوله توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$h_R = F h'_R \quad (پ-۳)$$

تشعشع به سطح داخلی لوله باید با استفاده از ضریب h_R در فرمول، برای میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت h_t ، در محاسبات منظور شود. (به زیریند پ-۳-۳ مراجعه شود)

پ-۳-۲ ضرایب انتقال حرارت

ضریب انتقال حرارت فرضی h_{CO} به نرخ جریان ویژه گاز G در لوله‌های انتقال و قطر داخلی لوله d بستگی دارد. برای محصولات ناشی از احتراق سوخت‌های نفتی، گاز طبیعی و زغال‌سنگ، مقدار h_{CO} از شکل پ-۴ به دست می‌آید.



شکل پ-۴- مبنای ضریب انتقال حرارت h'_{CO}

ضریب تصحیح h_{co}/h'_{co} برای دما گاز ورودی از شکل پ-۵ به دست می‌آید. سپس ضریب مبنای انتقال حرارت تصحیح شده برای جریان کاملاً توسعه یافته در لوله در دما t_G توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

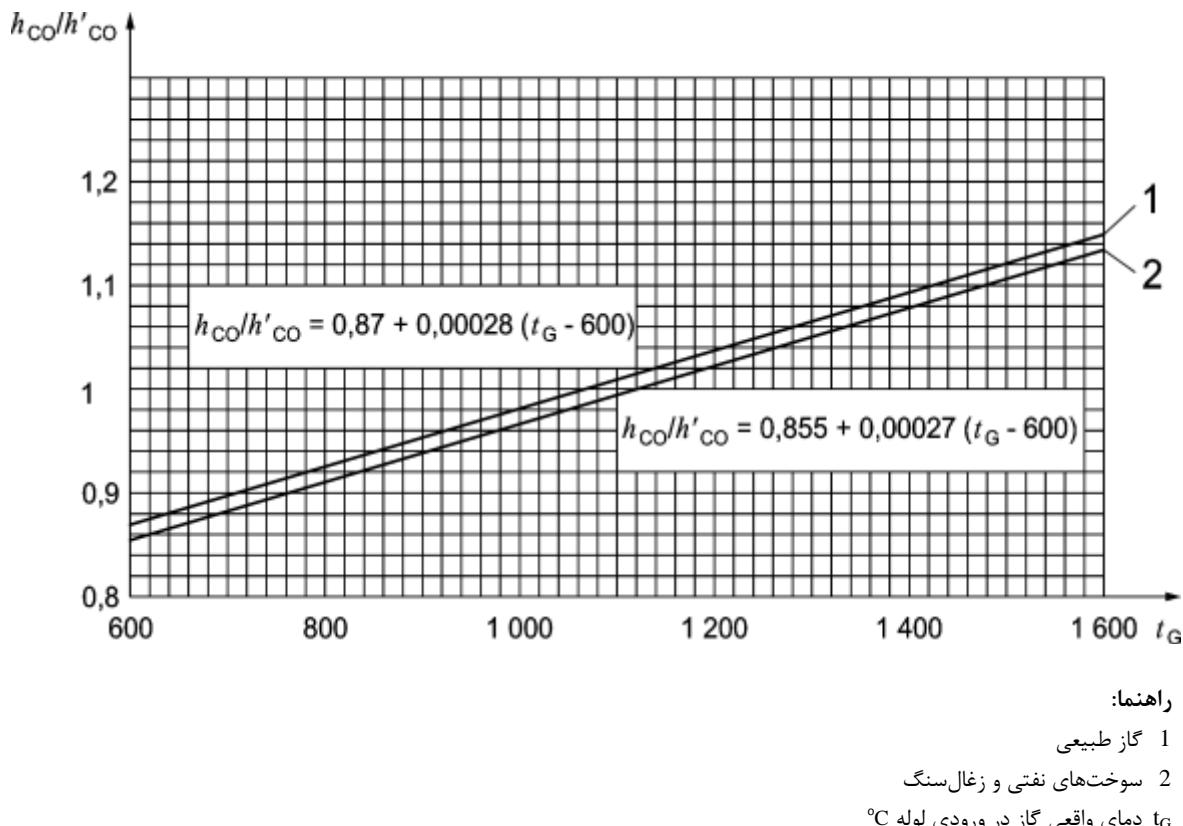
$$h_{CO} = h'_{CO} \left(\frac{h_{CO}}{h'_{CO}} \right) \quad (\text{پ-5})$$

برای گازهای دیگر که مقادیر گرمای ویژه، ضریب هدایت حرارتی یا ویسکوزیته آنها با محصولات احتراق سوخت نفت یا گاز طبیعی اختلاف دارند، مقادیر h_{CO} باید از فرمول مربوط به جریان کاملاً توسعه یافته درون لوله‌ها مطابق زیر محاسبه نمود:

که در آن:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,33} \quad (\text{پ-۶})$$

Nu عبارت است از عدد Nusselt بر مبنای قطر داخلی لوله d
 Re عبارت است از عدد Reynolds بر مبنای قطر داخلی لوله d
 Pr عبارت است از عدد prandtl
 (برای مثال به مرجع [۱] کتابنامه مراجعه شود)

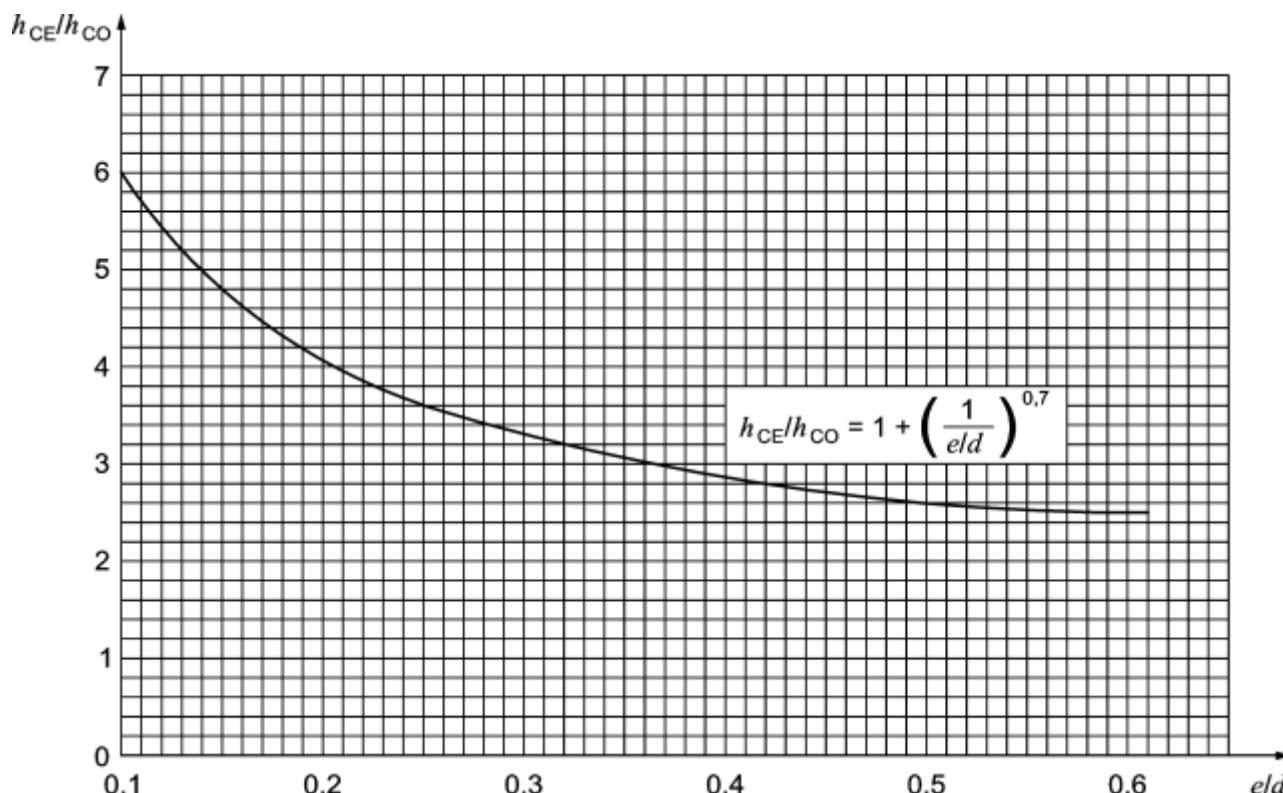


شکل پ-۵ تعیین ضریب تصحیح

ضریب تصحیح h_{CE}/h_{CO} برای ناحیه ورودی لوله از شکل پ-۶ به دست می‌آید. سپس ضریب انتقال حرارت میانگین h_{CE} برای سطح داخلی لوله در محدوده طول مؤثر و برای حرارت ورودی به صفحه لوله توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$h_{CE} = h_{CO} \left(\frac{h_{CE}}{h_{CO}} \right) \quad (\text{پ-۷})$$

انتقال حرارت به سطح صفحه لوله باید با استفاده از ضریب h_{CO} در فرمول برای میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت h_t , به دست آید. (به بخش پ ۳-۳ رجوع شود)



شکل پ-۶ تعیین ضریب تصحیح

پ-۳-۳ میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت سطح مجاور گاز

برای المانی از صفحه لوله که توسط سطوح داخلی لوله و صفحه‌های دربرگیرنده خطوط مرکزی لوله محدودشده است، مساحت‌های گرمای ورودی A (سطوح داخلی لوله) و (سطح صفحه لوله) باید از شکل پ-۷ و پ-۸ تعیین شود.

میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت بهصورت زیر محاسبه می‌شود:

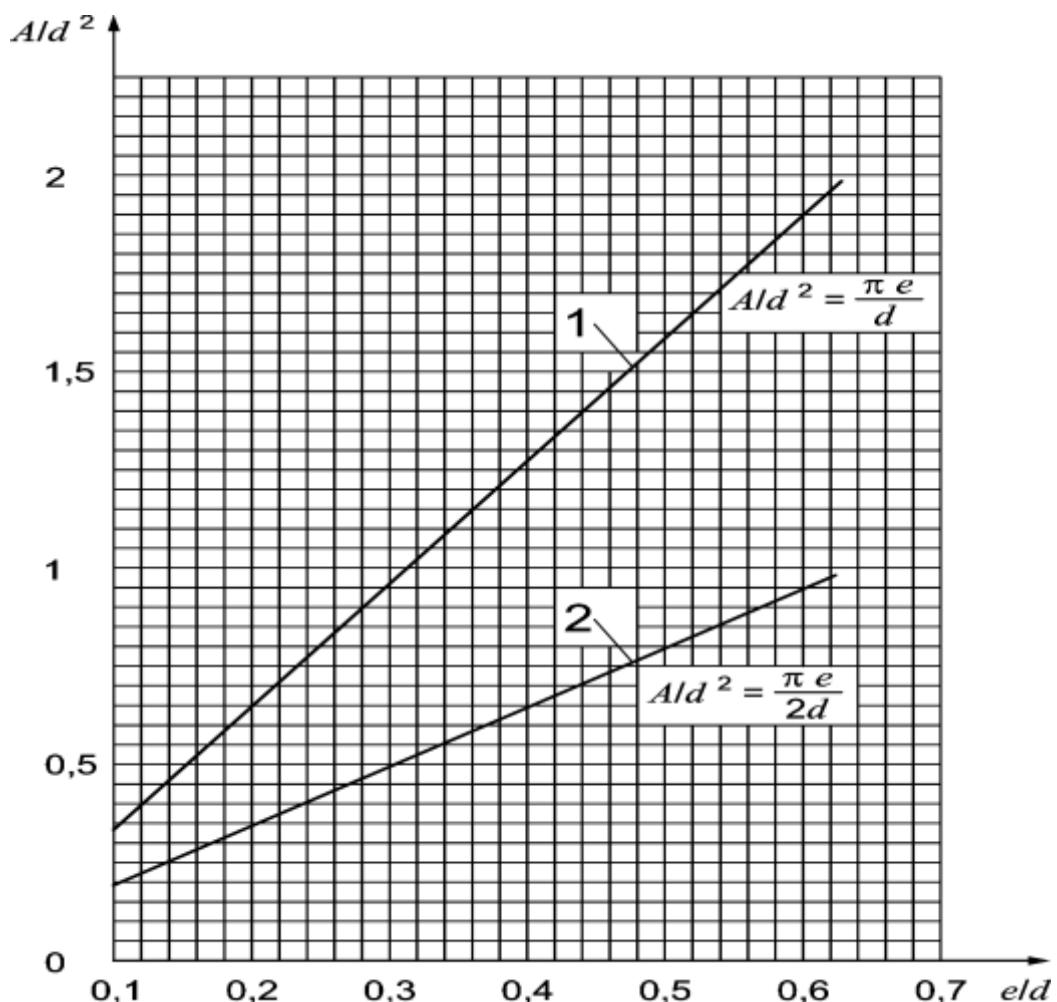
$$h_t = \frac{\frac{CA}{d^2} (h_{CE} + 0.5 h_R) + \frac{a}{d^2} (h_{CO} + h_R)}{\left(\frac{A}{d^2} + \frac{a}{d^2} \right)} \quad (\text{پ-۸})$$

که در آن:

برای لوله‌های که فقط والس شده‌اند. $C=0/9$

برای لوله‌های که والس و جوش داده شده‌اند. $C=0/95$

برای لوله‌های با جوش نفوذی کامل $C=1$

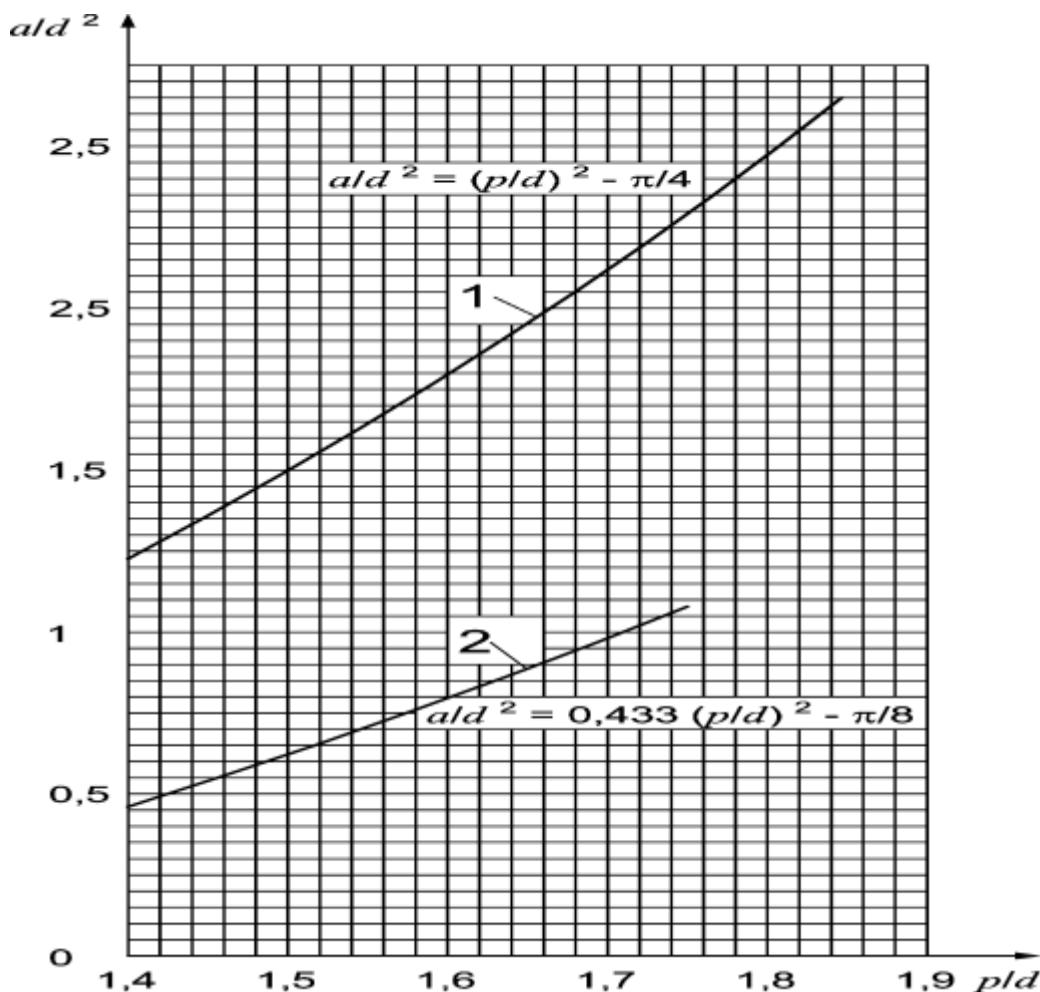


راهنمای:

1 گام مربعی

2 گام مثلثی

شکل پ-۷ مساحت بدون بعد لوله



راهنما:

1 گام مربعی

2 گام مثلثی

شکل پ-۸ مساحت بدون بعد صفحه

پ-۴-۳ ضریب انتقال حرارت صفحه لوله

ضریب انتقال حرارت صفحه لوله توسط فرمول زیر به دست می‌آید.

$$h_m = \frac{\lambda}{e} \quad (پ-۹)$$

که در آن:

$\lambda = 40000$ برای رده‌های فولادی ۴۶۰ و ۴۹۰ و (P355GH) و (P295GH) و $\lambda = 45000$ برای رده‌های فولادی ۴۰۰ و ۴۳۰ و (P265GH) و (P235GH).

پ-۳-۵ انتقال حرارت سمت آب

با استفاده از ثابت N ، تأثیر انتقال حرارت در سطوحی که آب اطراف آنها می‌باشد، در معادلات مربوط به دمای فلز صفحه لوله به حساب آورده شده است.

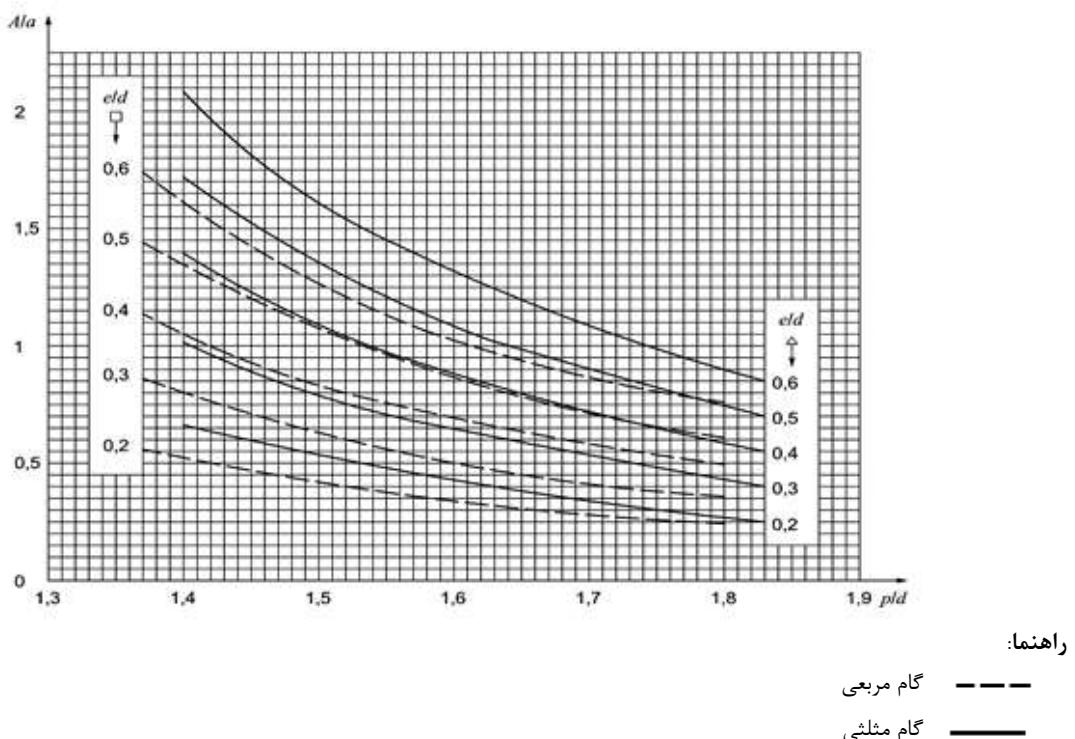
پ-۳-۶ دماهای صفحه لوله

معادلات زیر برای دمای سطح داغ صفحه لوله و دمای متوسط فلز صفحه لوله، براساس معادلات به دست آمده توسط گاردنر می‌باشند.

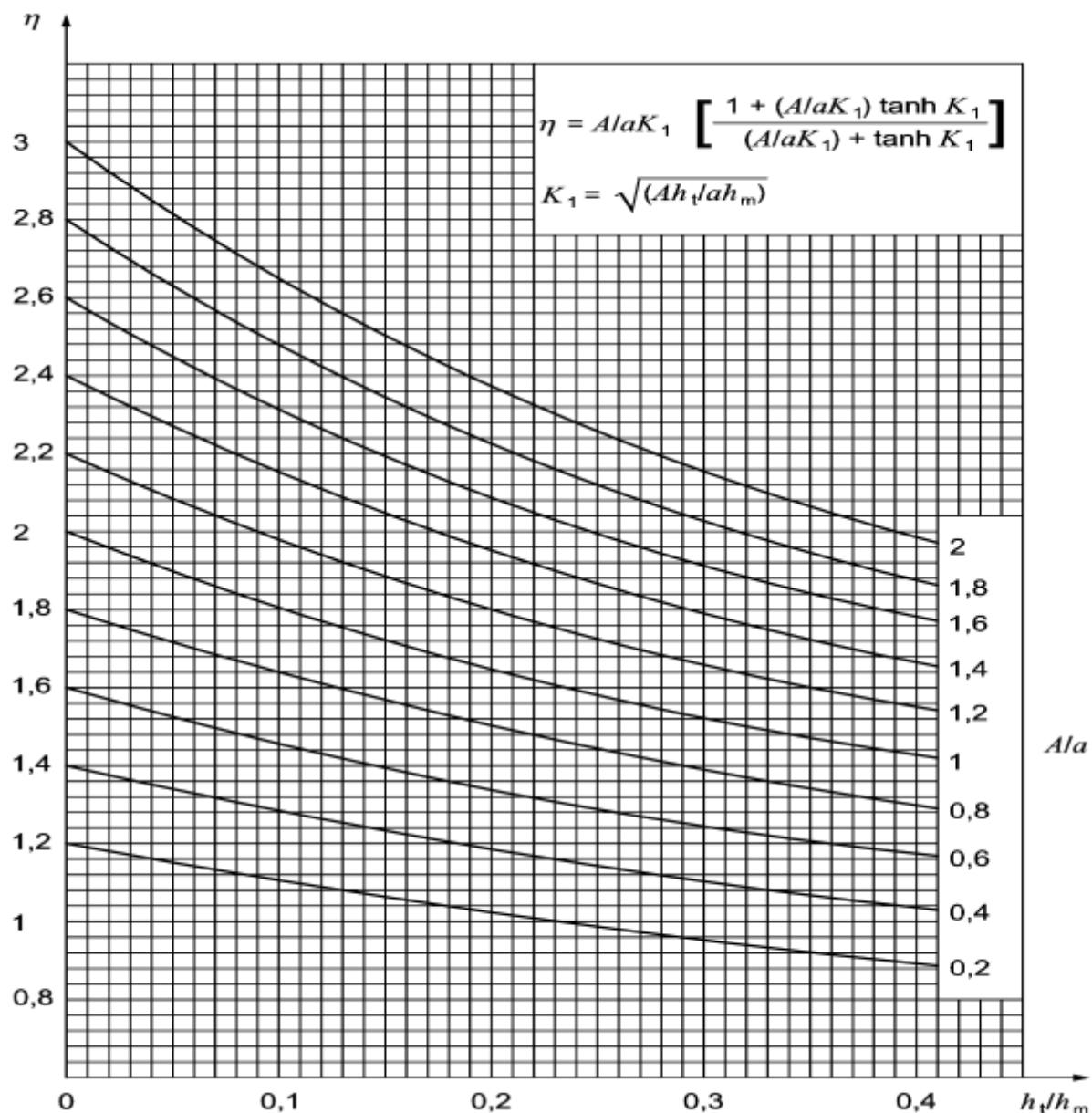
$$t_M = t_S + 15 + (t_G - t_S) \left(1 - \frac{\Phi}{1 + (\eta h_t / N)} \right) \quad (پ-۱۰)$$

ضرایب η ، Φ و β به نسبت A/a (در شکل پ-۹) و نسبت h_t/h_m بستگی دارد و با توجه به شکل‌های پ-۱۰ الی پ-۱۲ به دست می‌آیند.

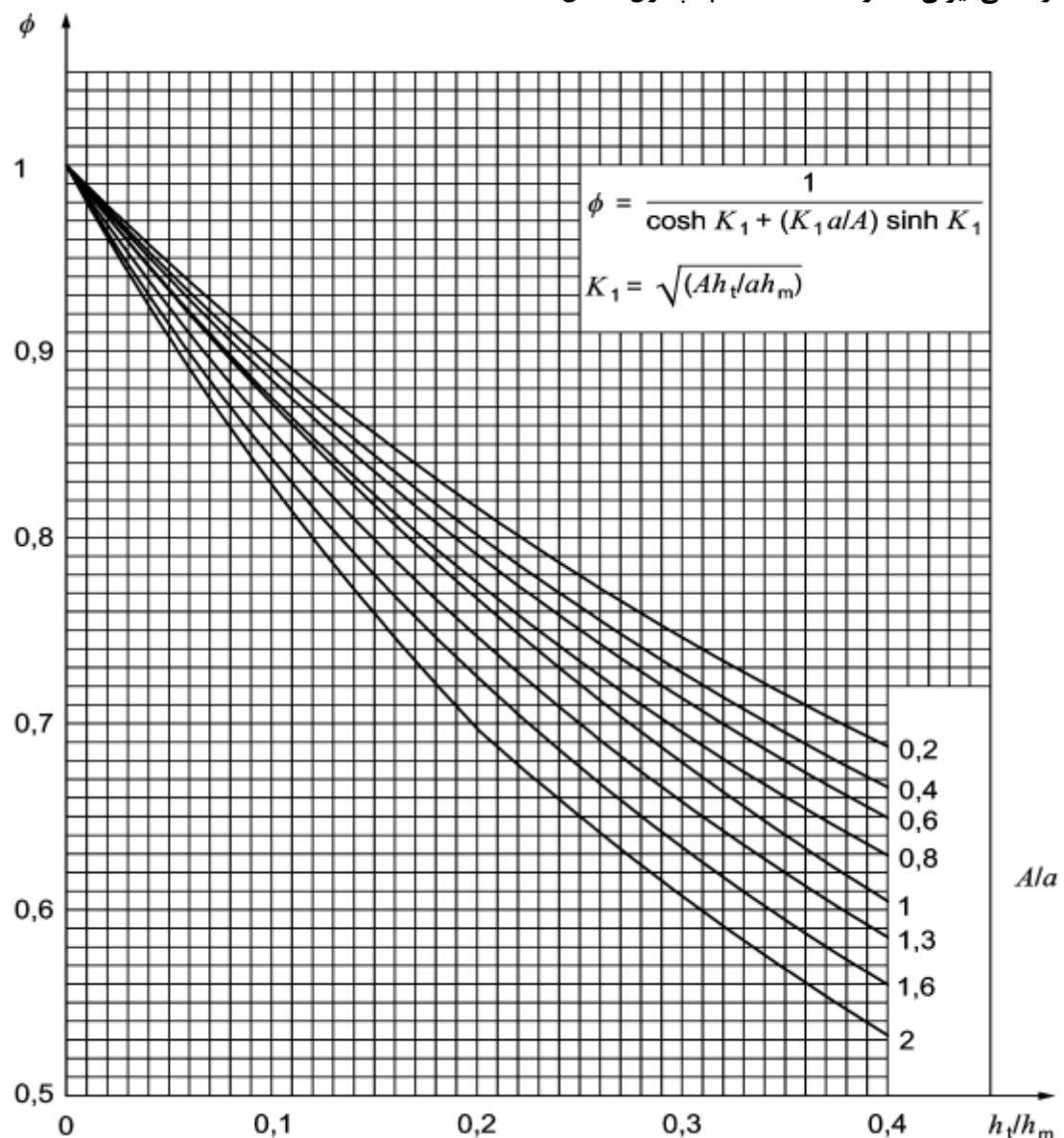
$$t = t_S + 15 + (t_G - t_S) \left(1 - \frac{\beta}{1 + (\eta h_t / N)} \right) \quad (پ-۱۱)$$



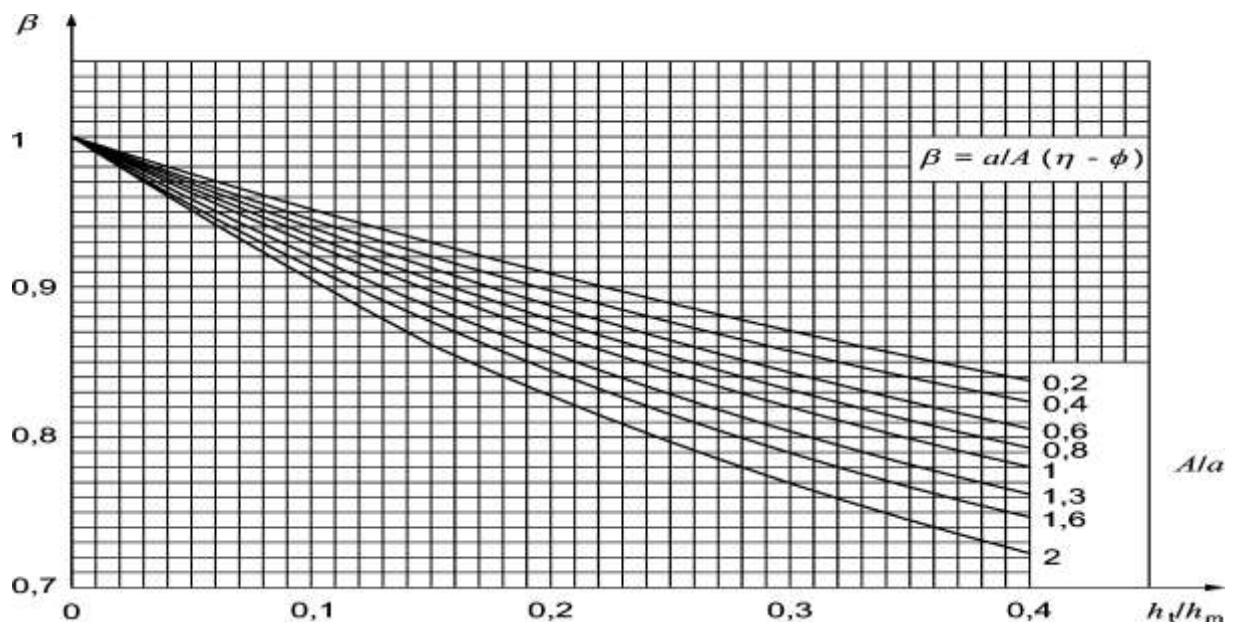
شکل پ-۹ نسبت مساحت لوله به صفحه



شکل پ-۱۰- ضریب η



شکل پ-۱۱- ضریب Φ



شکل پ-۱۲ ضریب β

پ-۴ مثالی از محاسبه انجام شده با استفاده از روش ارائه شده در بخش پ-۳

پ-۴-۱ اطلاعات مفروض طراحی

سوخت: گاز طبیعی

دیگ بخار: از نوع چند لوله‌ای حرارت مازاد با آستری از سیمان نسوز در محفظه گازهای داغ،

دما ورودی گاز مشخص شده: 900°C

فشار طراحی دیگ بخار: 11 N/mm^2

دما اشباع: $t_s = 188^{\circ}\text{C}$

لوله‌های دیگ بخار:

قطر داخلی: $d = 56/3 \text{ mm}$

گام، مثلثی: $p = 88 \text{ mm}$

نرخ جريان گاز: $G = 11 \text{ kg/(m}^2\text{: s)}$

صفحه لوله:

ضخامت لوله: $e = 22 \text{ mm}$

فولاد گروه ۱

اتصال انتهایی لوله: والس شده و جوش شده

محفظه گاز ورودی

استوانه‌ای، با آستر نسوز روی پوسته محفظه برگشتی و شبکه عقب آن

قطر داخلی $D = 1800 \text{ mm}$

طول داخلی $L = 1000 \text{ mm}$

پ-۴-۲ محاسبه ضریب تشعشع

محاسبه ضریب تشعشع h_R ، همان‌طور که در بخش شکل-۳-۱ توصیف شده انجام می‌گردد. مطابق شکل الف-۱، به کار بردن یک مقدار فرضی $t_c = 350^\circ\text{C}$ توسط منحنی برای محفظه خارجی عقب خشک $h_R = 185 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ نشان داده شده است.

$$L_B = \frac{0,83 \times 1000}{1000 / 1800 + 0,5} = 786 \text{ mm} \quad \text{طول پرتو تشعشع}$$

مطابق با شکل الف-۳-۱ در جایی که نسبت L به D برابر است با $0,555$

مطابق با شکل پ-۲، $F = 0,85$

بنابراین:

$$h_R = 0,58 \times 185 = 107,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

پ-۴-۳ محاسبه ضرایب انتقال حرارت

محاسبه ضرایب انتقال حرارت h_{CO} و h_{CE} همان‌طور که در بخش پ-۳-۲ توضیح داده شده باید انجام گیرد.

مطابق با شکل پ-۴ $h_{CO} = 61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

مطابق با شکل پ-۵ $h_{CO}/h_{CO} = 0,952$

بنابراین:

$$h_{CO} = 0,952 \times 61 = 58,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

مطابق با شکل پ-۶ $\frac{h_{CE}}{h_{CO}} = 2,9$ در جایی که $\frac{e}{d} = \frac{22}{56,3} = 0,319$ می‌باشد.

بنابراین:

$$h_{CE} = 58,1 \times 2,9 = 168,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

پ-۴-۴ محاسبه میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت سمت گاز

محاسبه میانگین وزنی ضریب انتقال حرارت سمت گاز، همان‌طور که در پ-۳-۳ توضیح داده شده باید انجام گیرد.

مطابق با شکل پ-۷ می باشد.

$$0,391 = \frac{e}{d^2} = \frac{A}{d^2}$$

 مطابق با شکل پ-۸ می باشد.

$$\frac{P}{d} = \frac{88}{56,3} = 1,563$$

برای لوله های والس شده و جوشکاری شده $C=0,95$
 بنابراین:

$$h_t = \frac{0,95 \times 0,6 (168,5 + 0,5 \times 107,3) + 0,67 (58,1 + 107,3)}{0,6 + 0,67} = 187 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K})$$

پ-۴-۵ محاسبه هدایت گرمایی صفحه لوله

محاسبه هدایت گرمایی صفحه لوله h_m همانطور که در بخش پ-۴-۳ توصیف شده باید انجام گیرد.
 برای فولاد گروه ۱ $\lambda = 45000 \text{ W.mm/(m}^2 \cdot \text{K})$ (به بخش الف-۲ مراجعه شود)
 بنابراین:

$$h_m = \frac{45\,000}{22} = 2\,045 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K})$$

پ-۴-۶ محاسبه دمای صفحه لوله

محاسبه دمای صفحه لوله t و t_M باید همانطور که در الف-۴-۶ گفته شده انجام گیرد.

$$\frac{h_t}{h_m} = \frac{187}{2\,045} = 0,09144$$

مطابق با شکل پ-۹ می باشد
 مطابق با شکل های پ-۱۰، پ-۱۱، و پ-۱۲

$$\eta = 1,72$$

$$\varPhi = 0,885$$

$$\beta = 0,935$$

بنابراین دما سطح داغ فلز صفحه لوله بدین طریق بدست می آید:

$$t_M = 188 + 15 + (900 - 188) \left[1 - \frac{0,885}{1 + \frac{1,72 \times 187}{4\,000}} \right] = 332^\circ\text{C}$$

این مقدار زیر محدوده داده شده در زیربند ۱-۶ می باشد و بنابراین رضایت بخش می باشد.
 درجه حرارت متوسط (طراحی) فلز صفحه لوله بدین طریق بدست می آید:

$$t = 188 + 15 + (900 - 188) \left[1 - \frac{0,935}{1 + \frac{1,72 \times 187}{4\,000}} \right] = 299 \text{ } ^\circ\text{C}$$

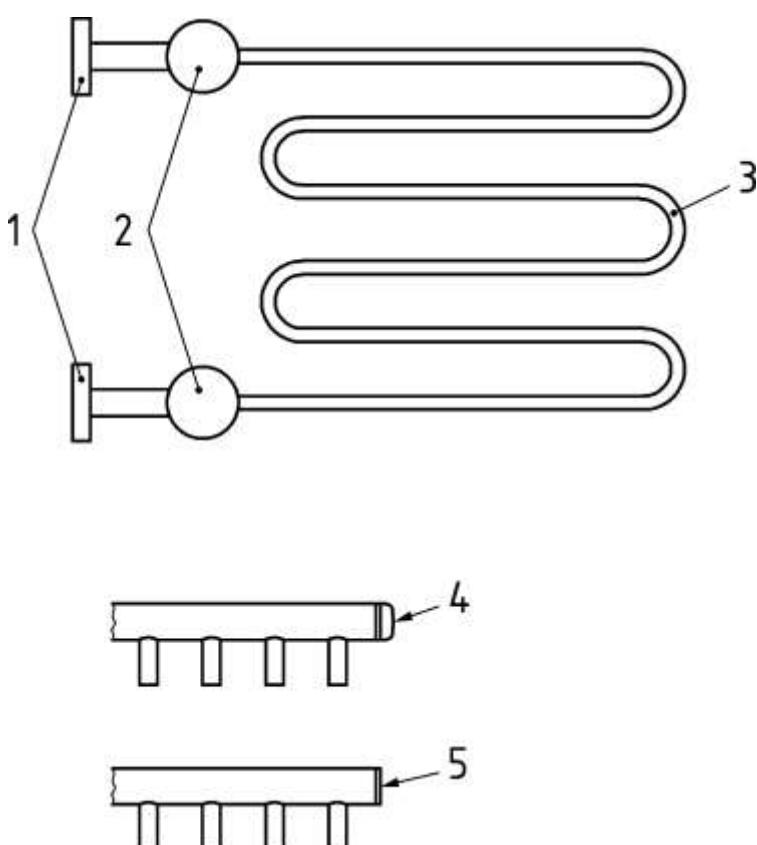
پیوست (ت)

(الزامی)

اکونومایزر و سوپرھیتر با طراحی لوله آبی که به پوسته دیگ متصل می شود

ت-۱ کلیات

این پیوست برای اکونومایزرها و سوپرھیترهای لوله‌های آبی که به پوسته دیگ متصل می‌شوند، کاربرد دارد. المنت‌های نمونه این اجزا در شکل ت-۱ نشان داده شده است.



راهنمای:

- 1 ورودی و خروجی بخار یا آب (لوله ها با فلتچ ها)
- 2 لوله اصلی (لوله)
- 3 لوله های انتقال حرارت (لوله ها با یا بدون پره ها)
- 4 لوله اصلی با سر عدسی شکل
- 5 لوله اصلی با صفحه درون قرار گرفته تخت

شکل ت-۱ المنت‌های نمونه از یک اکونومایزر یا سوپرھیتر

ت-۲ طراحی اکونومایزر و سوپرھیتر متصل به دیگ‌های پوسته‌ای

ت-۲-۱ اکونومایزر و سوپرھیتر متصل به دیگ‌های پوسته‌ای اساساً باید مطابق با استاندارد BS 12932-3:2011 طراحی شوند. استثنائات زیر باید در نظر گرفته شود:

الف- به جای زیربند 5.5 استاندارد 12952-3:2011 EN، در خصوص بارهای دینامیکی، الزامات زیربند ۱-۵ این استاندارد باید به کاربرده شود.

ب- تمامی ضرایب جوش ارائه شده در زیربند ۴-۵ این استاندارد برای اکونومایزر و سوپرھیتر قابل کاربرد می‌باشند.

پ- حد مجاز خوردگی C_2 برای اکونومایزر و سومپرھیتر باید مطابق با بخش مربوطه دیگ پوسته‌ای باشد.

ت- کمینه ضخامت دیواره برای لوله اصلی و لوله‌ها در زیربند 7.1.1 استاندارد 12952-3:2011 EN باید توسط کمینه ضخامت دیواره در جدول ۷ این استاندارد جایگزین شود.

ث- کمینه ضخامت دیواره نازل در زیربند 8.3.2.2.2 قسمت د استاندارد 12952-3:2011 EN، باید توسط کمینه ضخامت دیواره در جدول ۷ این استاندارد جایگزین شود.

ج- دربوش‌های مهار نشده تخت قابل برداشتن در لوله اصلی به‌طور مثال فلنج‌های کور مطابق با استاندارد EN 1092-1:2007+A1:2013 بدون محدودیت فشار ارائه شده در زیربند ۴-۱۰ استاندارد 12952-3:2011 EN مجاز می‌باشند.

ج- برای اتصالاتی هم چون کلاهک‌ها، قطعات T، رابطهای کاهنده، زانوها از استاندارد، EN10253-2:2007 می‌تواند استفاده نمود.

ت-۲-۲ فشار آزمون باید مطابق با زیربند 5.7.4.3 استاندارد 12952-3:2011 EN، زیربند 5.7.4.3 برای اکونومایزر و سوپرھیتر به‌طور انفرادی تعیین شود. اگر فشار آزمون یک اکونومایزر و سوپرھیتر کمتر از فشار آزمون دیگ باشد اندازه دیگ باید از اکونومایزر اتخاذ شود.

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد ۱۲۹۵۳-۳:۲۰۱۶

ث-۱ بخش‌های حذف شده

پیوست E: حذف شده است.

پیوست ZA: حذف شده است.

کتاب نامه

- [1] Directive 2014/68/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 on the harmonization of the laws of the Member States relating to the making available on the market of pressure equipment
- [2] EN 1092-2, Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated - Part 2: Cast iron flanges
- [3] EN 1092-3, Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated- Part 3: Copper alloy flanges
- [4] EN 1092-4, Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated- Part 4: Aluminium alloy flanges
- [5] EN 10253-2:2007, Butt-welding pipe fittings - Part 2: Non alloy and ferritic alloy steels with specific inspection requirements
- [6] EN 12953-8:2001, Shell boilers - Part 8: Requirements for safeguards against excessive pressure
- [7] EN 13445-1, Unfired pressure vessels - Part 1: General
- [8] EN 13445-2, Unfired pressure vessels - Part 2: Materials
- [9] EN 13445-4, Unfired pressure vessels - Part 4: Fabrication
- [10] EN 13445-5, Unfired pressure vessels - Part 5: Inspection and testing
- [11] EN 13445-6, Unfired pressure vessels - Part 6: Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts constructed from spheroidal graphite, cast iron
- [12] CR 13445-7, Unfired pressure vessels - Part 7: General view on the evaluation of conformity and the parts involved
- [13] EN 14394, Heating boilers - Heating boilers with forced draught burners — Nominal heat output not exceeding 10 MW and maximum operating temperature of 110 °C
- [14] CEN/TR 764-6, Pressure equipment — Part 6: Structure and content of operating instructions
- [15] McADAMS. W. H. Heat Transmission. McGraw-Hill, 1954
- [16] LUCAS. D. M. and LOCKETT, A. A. Mathematical Modelling of Heat Flux and Temperature Distribution in Shell Boilers. Proc. 4th Symp. on Flames and Industry, 972, BFRC - Inst. Fuel
- [17] KERN. D. Q. Process Heat Transfer. McGraw-Hill, 1950
- [18] GORE, W. H., GUNN, D. C. and HORSLER, A. G. Natural Gas Firing of Shall Boilers, Inst. Fuel, March 1972
- [19] V. D. I. - WÄRMEATLAS
- [20] JACOB. M. Heat Transfer. John Willey, 1949

- [21] ECKERT. E. R. G. and DRAKE, R. M. Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill, 1959BS EN 12953-3:2016
- [22] FRAAS. A. P. and OZISK. M. N. Heat Exchanger Design, John Willey, 1965
- [23] PERRY. K. P. Heat Transfer by Convection from a Hot Gas Jet to a Plane Surface. Proc. I. Mech. E., 1954, Vol. 168, pp. 775-784
- [24] Stoomwezen Rule D1102