

استاد محمد حسن

طراحی المان محدود

مخازن تحت فشار و مبدل های حرارتی

(منطبق بر ASME Sec.VIII Div.2- Part 5)

به کمک نرم افزارهای

NozzlePRO و ANSYS Workbench

نویسنده:

مهندس محمد ترابی

■ سرشناسه: ترابی، محمد، ۱۳۶۲ - عنوان و نام پدیدآور: طراحی المان محدود مخازن تحت فشار و مبدل‌های حرارتی (منطبق بر ASME Sec.VIII Div.2- Part 5) به کمک نرم‌افزارهای ANSYS Workbench و NozzlePRO / نویسنده محمد ترابی.
■ مشخصات نشر: تهران: نشر ایده‌نگار، ۱۳۹۶.
■ مشخصات ظاهری: ۳۵۶ ص: مصور، جدول.

ISBN 978 - 600 - 8304 - 03 - 6

■ وضعیت فهرست‌نویسی: فیا
■ یادداشت: کتابنامه: ص. [۳۵۶].
■ موضوع: مخزن‌های تحت فشار - طرح و ساختمان ■ موضوع: Pressure vessels -- Design and construction
■ موضوع: مخزن‌های تحت فشار - طرح و ساختمان - نرم‌افزار
■ موضوع: Pressure vessels - Design and construction - Software ■ موضوع: روش المان‌های محدود - نرم‌افزار
■ موضوع: Finite elements method - Software
■ رده‌بندی: کنگره: ۱۳۹۵ ت ۴۳/۳ تا ۶۶۰/۳ ■ رده‌بندی دیویی: ۶۸۱/۷۶۰۴۱
■ شما: کتابخانه اسی ملی: ۴۳۰۵۰۲۳



..... نشر ایده‌نگار www.iNegar.ir

طراحی المان محدود مخازن تحت فشار و مبدل‌های حرارتی

منطبق بر ASME Sec.VIII Div.2- Part 5

به کمک نرم‌افزارهای ANSYS Workbench و NozzlePRO

| نویسنده: مهندس محمد ترابی |

| ناظر چاپ: مهندس هادی غریبی |

| صفحه‌آرا و طراح جلد: مهندس معصومه باایه |

| نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۶ | شمارگان: ۱۵۰۰ |

| شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۳۰۴-۰۳-۶ |

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به نشر ایده‌نگار می‌باشد.

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکل ممنوع است.

متخلفان بموجب قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

نشانی مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، خیابان ایرانشهر، پلاک ۱۶، طبقه سوم، واحد ۵

تلفن: ۲۱ و ۸۸ ۵۳ ۵۸ ۲۰ - کدپستی: ۱۵۸۱۶۱۷۳۵

مقدمه ناشر / ۹
دیباجه نویسنده / ۱۳

درباره این کتاب (About this Book)

درباره‌ی این کتاب / ۱۷

فصل اول

کلیات (General Topics)

- ۱-۱. معرفی کد $ASME$ Sec.VIII Div.2 و نحوه کاری آن / ۲۲
- ۱-۲. مقایسه قسمت ۱ و ۲ کد طراحی $ASME$ / ۲۲
- ۱-۳. تئوری‌های شکست / ۲۴
- ۱-۳-۱. تئوری حداکثر تنش اصلی (Maximum Principle Strss) / ۲۵
- ۱-۳-۲. تئوری حداکثر تنش برشی (Tresca / Strss Intensity) / ۲۵
- ۱-۳-۳. تئوری ون میسز (von Mises) / ۲۷
- ۱-۳-۴. مقایسه سه تئوری / ۲۸
- ۱-۳-۵. صحنه گذاری بکاربردن تئوری ون میسز برای تحلیل الاستیک / ۳۰
- ۱-۴. بارهای وارد بر مخازن تحت فشار / ۳۲
- ۱-۵. نحوه محاسبه تنش مجاز (S) در محاسبات طبق Div.2 / ۳۴
- ۱-۶. مقدمه ای بر روش اجزای محدود و نرم افزار ANSYS / ۳۵
- ۱-۶-۱. مثال (تحلیل تنش به کمک نرم افزار ANSYS Workbench) / ۳۶
- ۱-۷. معرفی مدهای شکست در مخازن تحت فشار / ۵۰
- ۱-۸. جمع بندی / ۵۱



فصل دوم

محافظت در برابر واژگونی کلی (پلاستیک) (General/Plastic Collapse)

۲-۱. روش الاستیک / ۵۶

۲-۱-۱. محدودیت های روش الاستیک / ۵۷

۲-۱-۲. معرفی تنش های اصلی، ثانویه و حداکثر (Primary, Secondary و Peak) / ۵۷

۲-۱-۳. خطی سازی و نحوه دسته بندی تنش ها / ۶۱

۲-۱-۴. نحوه انتخاب خطوط خطی سازی / ۶۳

۲-۱-۵. مراحل ارزیابی واژگونی کلی به روش الاستیک / ۶۷

۲-۱-۶. مثال (ارزیابی واژگونی کلی به روش الاستیک) / ۷۲

۲-۲. روش حد بار (Limit Load) / ۸۱

۲-۲-۱. محدودیت های روش حد بار / ۸۲

۲-۲-۲. نحوه ارزیابی به روش حد بار / ۸۲

۲-۲-۳. معیارهای پذیرش / ۸۲

۲-۲-۴. مثال (ارزیابی واژگونی کلی به روش حد بار) / ۸۴

۲-۳. روش الاستیک-پلاستیک / ۱۷

۲-۳-۱. نحوه بدست آوردن منحنی تنش- کرنش / ۸۷

۲-۳-۱-۱. منحنی تنش- کرنش واقعی SA-516-70 در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد / ۸۹

۲-۳-۲. نحوه ارزیابی به روش الاستیک-پلاستیک / ۹۰

۲-۳-۳. معیارهای پذیرش / ۹۳

۲-۳-۴. مثال (ارزیابی واژگونی کلی به روش الاستیک-پلاستیک) / ۹۴

۲-۴. جمع بندی / ۹۸



فصل سوم

محافظت در برابر شکست موضعی (PROTECTION AGAINST Local Failure)

۳-۱. ارزیابی شکست موضعی با استفاده از روش الاستیک / ۱۰۴

۳-۱-۱. مثال (ارزیابی شکست موضعی با استفاده از روش الاستیک) / ۱۰۴

۳-۲. ارزیابی شکست موضعی با استفاده از روش الاستیک-پلاستیک / ۱۰۶

۳-۲-۱. مثال (ارزیابی شکست موضعی با استفاده از روش الاستیک- پلاستیک) / ۱۰۸

۳-۳. جمع بندی / ۱۱۰



فصل چهارم

محافظت در برابر واژگونی افزایشی

(Protection Against Ratcheting/Incremental Collapse)

۴-۱. ارزیابی Ratcheting به روش الاستیک / ۱۱۳

۴-۱-۱. مثال (ارزیابی Ratcheting به روش الاستیک) / ۱۱۴

۴-۲. روش مساله به از- شده الاستیک- پلاستیک / ۱۱۷

۴-۲-۱. ارزیابی Thermal Ratcheting / ۱۱۸

۴-۲-۲. طراحی + در خازن عمودی / ۱۱۹

۴-۲-۳. مثال (ارزیابی Thermal Ratcheting اتصال اسکرت به بدنه) / ۱۲۰

حل مساله به روش ساده سازی شده الاستیک - پلاستیک / ۱۳۱

۴-۳. ارزیابی Ratcheting به روش الاستیک- پلاستیک / ۱۳۵

۴-۳-۱. مثال (ارزیابی Ratcheting به روش الاستیک- پلاستیک) / ۱۳۶

۴-۴. جمع بندی / ۱۳۸



فصل پنجم

خستگی (Fatigue)

۵-۱. هیستوگرام خستگی / ۱۴۴

۵-۲. منحنی خستگی S-N / ۱۴۷

۵-۳. بررسی شرایط لازم برای انجام تحلیل خستگی / ۱۵۵

۵-۳-۱. بررسی خستگی بر اساس تجهیزات قابل مقایسه در شرایط کاری مشابه / ۱۵۵

۵-۳-۲. بررسی خستگی بر اساس روش A / ۱۵۶

۵-۳-۳. بررسی خستگی بر اساس روش B / ۱۵۸

۵-۳-۴. مثال (بررسی شرایط لازم برای انجام تحلیل خستگی) / ۱۶۰

۵-۴. تحلیل خستگی به روش الاستیک / ۱۶۲

- ۱-۴-۵. مثال (تحلیل خستگی به روش الاستیک) / ۱۶۷
- ۵-۵. تحلیل خستگی به روش الاستیک - پلاستیک / ۱۷۱
- ۵-۵-۵. منحنی بازه تنش- کرنش پایدار / ۱۷۱
- ۵-۵-۱. منحنی بازه تنش- کرنش پایدار برای SA-516 Gr.70 در دمای ۱۲۰ °C / ۱۷۴
- ۵-۵-۲. مراحل تحلیل خستگی به روش الاستیک- پلاستیک / ۱۷۴
- ۵-۵-۳. مثال (تحلیل خستگی به روش الاستیک- پلاستیک) / ۱۷۶
- ۵-۶. جمع بندی / ۱۸۰



فصل ششم

کماش (Buckling)

- ۶-۱. تحلیل نمازن ه روش خطی و غیر خطی / ۱۸۴
- ۶-۱-۱. مشن (کماش تحت فشار خارجی) / ۱۸۵
- ۶-۲. جمع بندی / ۱۹۵



فصل هفتم

طراحی به کمک نرم افزار NozzlePRO/661PRO

(Design & Analysis Using NozzlePRO/661PRO)

- ۷-۱. تحلیل به وسیله ماژول NozzlePRO / ۲۰۰
- ۷-۱-۱. مثال (مقایسه نتایج المان محدود با WRC) / ۲۰۱
- ۷-۱-۲. تعریف هندسه / ۲۱۰
- ۷-۱-۳. نحوه بارگذاری / ۲۱۷
- ۷-۱-۴. تعریف مواد / ۲۲۰
- ۷-۱-۵. تنظیمات مربوط به تحلیل / ۲۲۴
- ۷-۱-۶. تعیین جهت (Orientation) / ۲۳۵
- ۷-۱-۷. انجام تحلیل و بررسی نتایج / ۲۳۸
- ۷-۱-۸. مثال (تحلیل الاستیک اتصال نازل به بدنه) / ۲۴۴
- ۷-۱-۹. تحلیل تقارن محوری با المانهای سه بعدی / ۲۵۴
- ۷-۱-۱۰. مثال (بدست آوردن تنش های نازل منهول) / ۲۶۹



- ۷-۱-۱۱. مثال (تحلیل ممان واژگونی بر روی اسکرت) / ۲۷۲
- ۷-۱-۱۲. مثال (تحلیل حرارتی اتصال اسکرت به کلگی) / ۲۷۵
- ۷-۲. تحلیل هدر باکس مبدل‌های خنک کن هوایی / ۲۷۹
- ۷-۲-۱. ماژول 661PRO / ۲۷۹
- ۷-۲-۱-۱. مشخصات هندسی هدر باکس (Headerbox Geometry) / ۲۸۰
- ۷-۲-۱-۲. گزینه های تحلیل (Analysis Options) / ۲۸۹
- ۷-۲-۱-۳. وارد کردن مشخصات مواد / ۲۹۳
- ۷-۲-۱-۴. مدل کردن لوله و صفحه لوله (Tubesheet and Tube Modeling) / ۲۹۶
- ۷-۲-۱-۵. صفحه پارتیشن (Partition Plate) / ۲۹۹
- ۷-۲-۱-۶. مثال (طراحی هدرباکس) / ۳۰۰
- ۷-۳. جمع بندی / ۳۰۸



فصل هشتم

تحلیل اجزای مبدل‌های حرارتی (Heat Exchangers Design By Analysis)

- ۸-۱. تحلیل صفحه لوله (Tubesheet Design Analysis) / ۳۱۲
- ۸-۱-۱. تحلیل تنش دیسک معادل / ۳۱۲
- ۸-۱-۲. اثر صلبیت لوله / ۳۱۳
- ۸-۱-۳. مشخصات موثر مواد برای دیسک معادل / ۳۱۴
- ۸-۱-۴. اثر فشار وارده بر سوراخ صفحه لوله / ۳۱۵
- ۸-۱-۵. ارزیابی تنش‌ها / ۳۲۶
- ۸-۱-۶. مثال (تحلیل صفحه لوله) / ۳۲۷
- ۸-۲. تحلیل المان‌های قابل انعطاف (اتصال انبساطی) (Flexible Shell Elements) / ۳۳۴
- ۸-۲-۱. محدودیت‌ها و دستورالعمل‌های کاربرد / ۳۳۶
- ۸-۲-۲. مراحل تحلیل / ۳۳۶
- ۸-۲-۳. تعریف هندسه / ۳۳۷
- ۸-۲-۴. مدل تقارن محوری / ۳۳۸
- ۸-۲-۵. مش بندی / ۳۳۸
- ۸-۲-۶. شرایط مرزی و فرضیات بارگذاری / ۳۳۹
- ۸-۲-۷. شرایط بارگذاری برای مشخص کردن ضریب فنری / ۳۴۰
- ۸-۲-۸. شرایط بارگذاری برای مشخص کردن تنش‌ها / ۳۴۰

منابع / ۳۵۷

۸-۲-۹. ارزیابی تنش‌ها / ۳۴۲
۸-۲-۱۰. ارزیابی خستگی / ۳۴۲
۸-۲-۱۱. مثال (تحلیل اتصال انبساطی) / ۳۴۳
۸-۳. جمع بندی / ۳۵۶

۳۵۷ / منابع

© 2007 The Authors
Journal compilation © 2007 Blackwell Publishing Ltd

10

100

Yes/No/Not Sure Little chance of being used

دیاچه نویسنده

روش های طراحی مخازن تحت فشار می تواند بر دو دسته اساسی طراحی به کمک قواعد (Design By Rules) و طراحی به کمک تحلیل (Design by Analysis) تقسیم بندی شود. تفاوت اصلی بین دو روش فوق عبارت است از:

- الف) طراحی به کمک قواعد (DBR):** ابعاد کلی و بارگذاریها مشخص شده اند و ضخامت بر اساس دستورات العمل ها، فرمولها و اشکال از پیش تعیین شده تعیین می شود.
- ب) طراحی به کمک تحلیل (DBA):** ابعاد کلی و بارگذاریها مشخص شده اند و بارهای مجاز با استفاده از روش های تحلیلی ارزیابی می شوند.

به طور کلی انجام تحلیل های دقیق تر از اجازة را به ما می دهد تا تنش های مجاز را بالاتر ببریم. در نتیجه ارزیابی دقیق تنش ها به ما این تنش های مجاز به جای استفاده از ضریب اطمینان طراحی بالا که در طراحی به کمک قواعد مورد استفاده قرار می گیرد منجر به صرفه جویی در مواد مصرفی می شود.

در سال های اخیر روش المان محدود (FEA) وارد دنیای مهندسان طراح شده است که این امر صرف یک ابزار تحلیلی بودن برای آنها را متوقف کرده است. در حال حاضر بسیاری از طراحی های تحلیلی به روش المان محدود انجام می شوند. با استفاده از نرم افزارهای موجود بدست آوردن نتایج المان محدود بسیار آسان می باشد اما بدست آوردن جوابهای صحیح و منطقی به راحتی نمی باشد. طراحی به کمک تحلیل احتیاج به مهارت بسیار بالا دارد و بنابراین با توجیه خاصی مورد استفاده قرار گیرد.

در این کتاب طراحی به کمک تحلیل اجزای مخازن تحت فشار و مبدلهای حرارتی مطابق با ASME Sec.VIII Div.2- Part 5 که علاوه بر روشهای خطی (الاستیک) شامل روشهای نوین غیرخطی (حد بار و الاستیک- پلاستیک) نیز می باشد با مثالهای کاربردی و متنوع که تحلیل آنها به کمک نرم افزار ANSYS صورت گرفته است مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در روش های قدیمی الاستیک تنش مجموع محاسبه شده به تنشهای اصلی (Primary)، ثانویه (Secondary) و حداکثر (Peak) دسته بندی می شوند و زیر حد مجاز تعیین شده نگه داشته می

روشهای غیر خطی مشکل دسته بندی تنشها را برطرف می کنند. روش حد بار ویژگی رفتار الاستیک و کاملاً پلاستیک برای ماده با فرض تغییر شکل پایین مخزن در نظر می گیرد. در مقابل روش الاستیک- پلاستیک دقیقاً ویژگی غیر خطی ماده (منحنی واقعی تنش کرنش) و هندسه را در تحلیل در نظر می گیرد. ذکر این نکته ضروری می باشد که روش غیر خطی الاستیک- پلاستیک دقیق ترین روش ارزیابی مخازن تحت فشار برای مدهای شکست مربوطه می باشد که می تواند استفاده شود.

کتاب مشتمل بر مثال های گام به گام برای ارزیابی اجزای مخازن تحت فشار نظیر بدنه، کلگی، نازل و اسکرت با استفاده از روشهای خطی و غیر خطی می باشد. همچنین برای مبدلها اجزای خاص نظیر اتصالات انبساطی و صفحه تیوب که نیاز به تحلیل المان محدود دارند با روشهای مشخص و مثال های گام به گام برای درک بهتر خوانندگان عزیز مورد بررسی قرار گرفته شده اند. از آنجایی که هیچ رساله ای خالی از اشکال نخواهد بود از خوانندگان محترم تقاضا دارم ما را از راهنمایی های خود در این خصوص دریغ نفرمایند. جهت دریافت نقطه نظرات شما برای بهبود چاپ های بعدی کتاب این آدرس را از طریق ایمیل torabi.kntu@iNegar.ir خواهد بود. در پایان از مدیریت و کارکنان شرکت مهندسی برنامه ریز و نوآور آراین (مینا) و نشر ایده نگار به دلیل حمایتشان در چاپ این اثر کمال تشکر و سپاس را دارم.