

به نام خدا

مخازن تحت فشار و مبدل‌های حرارتی پالایشگاه گازی
از دیدگاه مکانیکی و متالورژیکی

آرش مصطفوی
مهدی فیض‌مندیان



۱۳۹۲

سرشناسه: مصطفوی، آرش، ۱۳۵۵-

عنوان و نام پدیدآور: مخازن تحت فشار و مبدل‌های حرارتی پالایشگاه گازی، از دیدگاه مکانیکی و متالورژیکی /

آرش مصطفوی، مهدی فیضمندیان.

مشخصات نشر: تهران: اندیشه‌سرا، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۴۳۲ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۳-۱۴-۸۴۰۷-۹۶۴-۹۷۸

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: کتابنامه

موضوع: گاز -- پالایشگاه‌ها -- ابزار و وسایل

موضوع: مخزن‌های تحت فشار -- طرح و ساختمان

موضوع: مخزن‌های تحت فشار -- طرح و ساختمان -- نرم‌افزار

موضوع: مبدل‌های گرمایی -- طرح و ساختمان

شناخته‌شده: فیضمندیان، مهدی، ۱۳۵۸-

رده‌بندی کنگره: ۳۱۳۹۲م۳/۵۷۱/۷TP۷۵۱

رده‌بندی دیویی: ۶۶۵/۷

شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۲۹۷۹۷



انتشارات اندیشه‌سرا

مخازن تحت فشار و مبدل‌های حرارتی پالایشگاه گازی

از دیدگاه مکانیکی و متالورژیکی

نوشته‌ی: آرش مصطفوی و مهدی فیضمندیان

چاپ اول، ۱۳۹۲، شمارگان ۱۵۰، ۲۰۰۰۰ تومان

شابک ۳-۱۴-۸۴۰۷-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964-8407-14-3

این کتاب با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران "تألیف" شده است.

حق چاپ و نشر محفوظ و هرگونه استفاده از محتوای این کتاب به داشتن اجازه‌ی کتبی از ناشر نیازمند است.

«انتشارات اندیشه‌سرا» از انتشار کتاب‌های ارزشمند حمایت می‌کند: ۰۹۱۲۳۱۶۱۶۸۷

مسئولیت نوشته‌های کتاب با نویسنده است.

www.andishehsara.org

فهرست مطالب

۱۳	پیش گفتار.....
۱۵	بخش اول: تأسیسات دریافت Reception Facilities.....
۱۷	فصل ۱ جدا کننده‌ی فشار بالا High Pressure Separator.....
۱۷	۱- کد طراحی.....
۱۷	۱-۱- مقدمه.....
۱۸	۱-۲- تنش مجاز.....
۱۹	۱-۳- علت انتخاب Div.2 بجای Div.1.....
۲۱	۲- ضخامت اجزای اصلی.....
۲۱	۳- محاسبات ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها.....
۲۲	۴- شکل کلگی‌ها و ساپورت مخزن از نوع Skirt.....
۲۲	۴-۱- شکل کلگی.....
۲۳	۴-۲- ساپورت مخزن.....
۲۴	۴-۳- محاسبه‌ی ضخامت Skirt.....
۲۹	۴-۴- محاسبات Base Ring.....
۴۳	۵- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه.....
۴۴	۶- عملیات حرارتی PWHT.....
۴۴	۷- محل اتصال پوسته به عدسی.....
۴۵	۸- اینترنال‌ها.....
۴۹	فصل ۲ گرم کننده گاز Gas Heater.....
۵۰	۱- نوع مبدل.....
۵۱	۲- بررسی بافل‌ها و اتصال انبساطی Expansion Bellows در سمت پوسته.....
۵۱	۲-۱- بافل‌ها.....
۵۶	۲-۲- تعبیه Expansion Bellows.....
۶۰	۳- محاسبات ضخامت.....
۶۰	۳-۱- ضخامت پوسته.....
۶۱	۳-۲- ضخامت پوسته استوانه‌ای Tube Side و محل اتصال آن به قسمت مخروطی.....
۶۱	۳-۳- ضخامت تیوب.....
۶۲	۳-۴- ضخامت تیوب شیت.....

۶۵	۴- اتصال لوله‌ها به تیوب شیت
۶۵	۵- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۶۶	۶- عملیات حرارتی PWHT و تنش‌گیری پس از فرم‌دهی
۶۹	فصل ۳: مواد اصلی استفاده شده در بدنه‌ی مخازن مورد بررسی
۷۳	بخش دوم: واحد بازیابی MEG
۷۹	فصل ۱: مخزن تبخیر Rich MEG Flash Drum
۷۹	۱- ملاحظات کلی کد طراحی و هدف از نصب Vortex Breaker و Deflector
۸۳	۲- محاسبات ضخامت بر اساس فشار خارجی
۸۳	۱-۲- محاسبات بر اساس فشار خارجی
۹۰	۲-۲- ارزیابی محاسبات نرم‌افزار
۱۰۰	۲-۳- بحرانی‌ترین حالت
۱۰۱	۳- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۱۰۳	۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT
۱۰۵	فصل ۲: برج تغلیظ MEG (MEG Still Column)
۱۰۵	۱- جنس بدنه‌ی برج
۱۰۶	۲- محاسبات ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها
۱۰۶	۱-۲- محاسبات بر اساس فشار داخلی/خارجی
۱۰۷	۲-۲- وجود رینگ تقویتی در المان Skirt
۱۰۸	۳- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۱۰۹	۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT
۱۰۹	۵- ضریب بازدهی اتصال (Joint Efficiency) و مقدار رادیوگرافی
۱۰۹	۱-۵- الزامات بررسی اتصالات جوشی در ASME Sec.VIII Div.1
۱۱۳	۲-۵- ساخت مخازن تحت فشار به روش جوشکاری
۱۱۹	۶- ارزیابی مدارک ساخت در ارتباط با Joint Efficiency و مقدار رادیوگرافی
۱۱۹	۱-۶- رادیوگرافی در حالت UW-11(a)(5)(b)
۱۲۱	۷- ملحقات داخلی به کار رفته
۱۲۷	فصل ۳: مواد اصلی استفاده شده در بدنه‌ی مخازن مورد بررسی
۱۲۸	۱- عوامل مؤثر بر HIC
۱۲۹	۲- فولاد زنگ نزن گرید 316L

۱۳۱	بخش سوم: واحد نمزدایی گاز Gas Dehydration
۱۳۳	فصل ۱ جداکننده گاز ورودی Inlet Gas Separator
۱۳۳	۱- ملاحظات کلی
۱۳۶	۱-۱- کلگی‌های مخازن تحت فشار
۱۴۴	۲- محاسبات ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها
۱۴۴	۱-۲- محاسبات بر اساس فشار داخلی
۱۴۵	۲-۲- محاسبات بر اساس فشار خارجی
۱۴۸	۳-۲- چگونگی ترکیب بارها در کد PD5500
۱۴۹	۳- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۱۴۹	۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT
۱۵۰	۵- دریچه‌ها و روش‌های تقویت آن‌ها
۱۵۰	۱-۵- محاسبات دریچه‌ها بر اساس ASME
۱۵۱	۱-۱-۵- معیار کد در پذیرش دریچه‌ها
۱۵۱	۱-۵-۲- روش ماحت جای‌گزین (تقویت دریچه)
۱۵۳	۱-۵-۳- تقویت دریچه در Div. I
۱۶۱	۱-۵-۴- روش بازدهی لیگمان
۱۶۱	۲-۵- محاسبات دریچه بر اساس PD5500
۱۶۲	۳-۵- Insert Plate
۱۶۵	فصل ۲: مخازن خشک‌کن گاز Gas Dryer
۱۶۶	۱- کد طراحی و ساخت
۱۶۶	۲- محاسبات ضخامت
۱۶۷	۳- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۱۶۷	۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT
۱۶۷	۵- آنالیز خستگی Fatigue Analysis
۱۶۸	۶- نحوه‌ی آنالیز خستگی
۱۶۸	۱-۶- مقدمه
۱۶۹	۲-۶- سیکل‌های کاری مخزن
۱۷۱	۳-۶- آنالیز تنش
۱۷۱	۱-۳-۶- هندسه‌ی مسأله
۱۷۲	۲-۳-۶- آنالیز حرارتی

۱۷۳	 (Structural Analysis) آنالیز سازه‌ای
۱۷۳	 محاسبات خستگی مخزن
۱۷۳	 آنالیز تنش سازه‌ای
۱۷۶	 آنالیز خستگی
۱۷۷	 ۱-۲-۴-۶ روش مبتنی بر ماکزیمم اختلاف تنش‌های اصلی در حالت بارهای مختلف
۱۷۸	 ۲-۲-۴-۶ روش مبتنی بر ماکزیمم اختلاف تنش‌ها در جهات متناظر بارهای مختلف
۱۷۹	 ۳-۲-۴-۶ محاسبه مقدار تنش Sr
۱۸۵	 فصل ۳: مقدمه‌ای بر فولادهای تحت استاندارد کشورهای مختلف
۱۹۱	 بخش چهارم: واحد تفکیک ان‌جی‌ال NGL Extraction/Fractionation
۱۹۷	 فصل ۱: مبدل حرارتی Secondary Gas/NGL Exchanger, Gas/NGL
۱۹۸	 ۱- نوع مبدل
۲۰۰	 ۲- محاسبات ضخامت
۲۰۰	 ۱-۲- ضخامت تیوب
۲۰۱	 ۲-۲- ضخامت تیوب شیت
۲۰۱	 ۱-۲-۲- مقدمه
۲۰۱	 ۲-۲-۲- ضخامت تیوب شیت
۲۰۳	 ۳-۲-۲- تنش طولی در پوسته و تیوب
۲۰۴	 ۴-۲-۲- محاسبات
۲۱۰	 ۳- اتصال لوله به تیوب شیت
۲۱۵	 ۲-۳- موارد مهم اتصال تیوب به تیوب شیت
۲۱۶	 ۳-۳- محاسبات مربوط به Tube to Tubesheet Joint Load
۲۱۶	 ۴- محاسبات قسمت مخروطی
۲۱۶	 ۱-۴- فشار داخلی
۲۲۰	 ۲-۴- فشار خارجی
۲۲۳	 ۳-۴- محاسبات
۲۲۹	 فصل ۲: برج اتان‌گیری De-Ethaneser
۲۳۰	 ۱- ملاحظات کلی طراحی
۲۳۱	 ۲- محاسبات ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها
۲۳۲	 ۳- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۲۳۲	 ۱-۳- الزامات چقرمگی فولادها و فولادهای کم آلیاژی

۲۴۱	۲-۳- الزامات چقرمگی فولادهای پر آلیاژی
۲۴۲	۳-۳- الزامات تست ضربه برای برج اتانزدایی
۲۴۳	۴- عملیات حرارتی تنش‌گیری PWHT و عملیات حرارتی تنش‌گیری بعد از فرم‌دهی
۲۴۳	۴-۱- عملیات PWHT
۲۴۳	۴-۲- عملیات تنش‌زدایی پس از فرم‌دهی
۲۴۳	۵- آنالیز تنش به روش المان محدود
۲۴۴	۵-۱- دسته‌های تنش (Stress Categories)
۲۵۱	۵-۲- مدارک ساخت
۲۵۲	۶- ملحقات داخلی به کار رفته
فصل ۳: بررسی روش‌های آزمون جوش استفاده‌شده در مبدل حرارتی NGL/Gas و برج اتان‌گیری	
۲۵۵	بخش پنجم: واحد شیرین‌سازی LPG
۲۶۱	فصل ۱: برج Propane Amine Extractor
۲۶۹	۱- ملاحظات کلی طراحی
۲۶۹	۲- مدل اولیه و ساده‌ی زلزله
۲۷۰	۲-۱- طراحی زلزله برای مخازن استوانه‌ای صلب
۲۷۰	۲-۲- طراحی زلزله برای مخازن استوانه‌ای بلند
۲۷۱	۳- روند محاسبات زلزله‌ی مخازن تحت فشار
۲۷۴	۳-۱- تعیین پارامترهای اصلی
۲۷۴	۳-۲- مقادیر Ca و Cv
۲۷۷	۳-۳- تعیین پرید ارتعاشات طبیعی
۲۷۸	۳-۴- محاسبه‌ی نیروی برش در پایه
۲۷۹	۳-۵- ضریب کاهش نیروی برشی
۲۸۰	۳-۶- محاسبه‌ی نیروی برش در بالای برج
۲۸۰	۳-۷- توزیع نیروی زلزله در طول ارتفاع برج
۲۸۱	۳-۸- ضریب افقی زلزله
۲۸۱	۴- محاسبات سازنده در زمینه‌ی زلزله و بارهای ترکیبی
۲۸۱	۴-۱- محاسبات مربوط به توزیع نیرو
۲۸۷	۴-۲- تعیین توزیع گشتاور بر حسب نیرو
۲۸۸	۴-۳- تعیین تنش‌های مجاز طولی کششی و فشاری

۴-۴- تعیین تنش‌های طولی ایجاد شده در اثر ممان ناشی از زلزله، ممان ناشی از تجهیزات خارج از مرکز، وزن و فشار داخلی.....	۲۸۸
۴-۴-۱- تعیین تنش طولی کششی ترکیبی در المان عدسی پایینی.....	۲۹۱
۴-۴-۲- تعیین تنش طولی فشاری ترکیبی در پایین‌ترین نقطه‌ی Skirt.....	۲۹۳
فصل ۲: مبدل حرارتی خنک‌کننده Lean Solvent Cooler.....	۲۹۷
۱- نوع مبدل.....	۲۹۸
۱-۱- مبدل‌های Floating Head از نوع Split Backing Ring.....	۲۹۸
۱-۲- مبدل‌های Floating Head از نوع Pull Through.....	۲۹۹
۱-۳- مبدل‌های Floating Head از نوع Externally Sealed.....	۳۰۱
۱-۴- مبدل‌های Floating Head از نوع Outside Packed.....	۳۰۱
۲- ضخامت پوسته و تیوب.....	۳۰۲
۳- محاسبات فلنج.....	۳۰۳
۱-۳- طراحی فلنج.....	۳۰۳
۱-۱-۳- انواع اتصالات فلنجی.....	۳۰۳
۲-۱-۳- گسکت و خواص آن.....	۳۰۶
۴- محاسبات سازنده در ارتباط با طراحی فلنج.....	۳۱۴
فصل ۳: گسکت‌ها.....	۳۱۷
۱- تقسیم‌بندی گسکت‌ها.....	۳۱۷
۲- گسکت‌های مورد استفاده در صنایع.....	۳۱۹
بخش ششم: واحد پایدارسازی میعان‌ات گازی.....	۳۳۳
مبدل هوا خنک بالای برج پایدارساز میعان‌ات گازی.....	۳۳۹
۱- مبدل‌های حرارتی هوا خنک.....	۳۴۱
۱-۱- مقدمه.....	۳۴۱
۱-۲- مقایسه‌ی هوا با آب.....	۳۴۱
۱-۳- تعریف Induced Draught و Forced Draught و شکل نصب باندل.....	۳۴۱
۱-۴- اجزای اصلی.....	۳۴۱
۱-۵- تیوب‌ها.....	۳۴۲
۱-۵-۱- هندسه و جنس پره‌ها.....	۳۴۲
۱-۵-۲- اتصال پره به تیوب.....	۳۴۳
۱-۶- هدرها.....	۳۴۴

۳۴۵	۱-۷- سازه و بدنه‌ی دربرگیرنده‌ی مبدل هواخنک
۳۴۷	۱-۸- سیستم انتقال قدرت
۳۴۸	۲- محاسبات مقاومتی مخازن تحت فشار با مقطع غیر دایروی
۳۴۸	۲-۱- مقدمه
۳۴۸	۲-۲- معیار تنش‌های مجاز
۳۴۹	۲-۳- نحوه‌ی تأثیر سوراخ‌های ایجاد شده در مقاطع غیر دایروی
۳۴۹	۲-۴- محاسبه‌ی بازده لیگامنت برای صفحات با سوراخ‌هایی با قطر ثابت
۳۵۰	۲-۵- محاسبه‌ی بازده لیگامنت برای صفحات با سوراخ‌هایی با قطر غیر یک‌نواخت
۳۵۰	۲-۶- مخازن تحت فشار با مقطع مستطیلی
۳۵۵	بخش هفتم واحد پالایش آب اسیدی
۳۵۹	فصل ۱: مخزن ریفلاکس درام
۳۶۰	۱- محاسبات ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها
۳۶۰	۲- مینیمم دمای طراحی فلز و تست ضربه
۳۶۰	۳- عملیات حرارتی PWHT و عملیات حرارتی تنش‌گیری بعد از فرم‌دهی
۳۶۰	۴- طراحی Saddle
۳۶۱	۵- محاسبات Saddle
۳۶۱	۵-۱- مقدمه
۳۶۳	۵-۲- تنش طولی ناشی از خمش
۳۶۶	۵-۳- تنش برشی
۳۶۷	۵-۴- تنش محیطی در شاخ Saddle
۳۶۸	۵-۵- تنش‌های Wear Plate تحت فشار پوسته
۳۶۹	۶- نمایش شماتیک تنش‌های ناشی از وجود Saddle
۳۷۰	۷- محاسبات Saddle مخزن حاضر
۳۷۰	۷-۱- محاسبه‌ی نیروی عکس‌العمل ناشی از نیروی عرضی باد بر سطح جانبی
۳۷۱	۷-۲- محاسبه‌ی نیروی عکس‌العمل ناشی از نیروی طولی فشاری باد و اصطکاک
۳۷۳	۷-۳- محاسبه‌ی نیروی عکس‌العمل ناشی از نیروی طولی زلزله و اصطکاک
۳۷۴	۷-۴- محاسبه‌ی نیروی عکس‌العمل ناشی از نیروی عرضی زلزله
۳۷۵	۷-۵- ترکیب نیروی عمودی ناشی از وزن با سایر نیروهای عمودی
۳۷۵	۷-۶- محاسبه‌ی تنش طولی خمشی در پوسته
۳۷۶	۷-۷- محاسبه‌ی تنش طولی خمشی پوسته در محل پایه‌ها

۳۷۷	۸-۷- محاسبه‌ی تنش برشی در پوسته در اطراف پایه‌ها
۳۷۸	۹-۷- محاسبه‌ی تنش محیطی در رأس Wear Plate
۳۷۸	۱۰-۷- محاسبه‌ی تنش محیطی در دماغه‌ی Saddle
۳۷۹	۱۱-۷- محاسبه‌ی تنش فشاری محیطی در زیر پوسته
۳۷۹	۱۲-۷- محاسبه‌ی تنش در اجزای Saddle
۳۷۹	۱۳-۷- محاسبه‌ی ضخامت Base Plate
۳۸۱	۱۴-۷- محاسبه‌ی قطر Anchor Bolt
۳۸۷	فصل ۲: برج پالایش آب اسیدی
۳۸۷	۱- محاسبه‌ی ضخامت و بحرانی‌ترین حالت ترکیب بارها
۳۸۸	۲- مینیمم طراحی فلز و تست ضربه
۳۸۸	۳- عملیات حرارتی تنش‌گیری بعد از فرم‌دهی
۳۸۸	۴- طراحی و محاسبات باد
۳۸۸	۵- محاسبات بار باد
۳۸۹	۶- محاسبات برج حاضر در ارتباط با محاسبات باد
۳۸۹	۶-۱- مرحله‌ی اول تعیین داده‌ها
۳۹۵	۶-۲- مرحله‌ی دوم محاسبه‌ی نیروی باد بر هر المان
۳۹۹	۶-۳- محاسبه‌ی ضریب گاست
۴۰۳	۶-۴- محاسبه‌ی نیروی وارد بر سایر المان‌ها
۴۰۴	۶-۵- محاسبه‌ی ارتعاش ناشی از باد
۴۰۹	۶-۶- محاسبه‌ی ارتعاش ناشی از باد برای برج حاضر
۴۱۰	۶-۷- محاسبه‌ی خم‌شدگی ناشی از فشار باد
۴۱۵	۶-۸- محاسبه‌ی ممان و تنش ناشی از فشار باد
۴۲۳	فصل ۳: آسترگذاری لاستیکی
۴۲۳	۱- تولید ترکیبات و ورق‌های Rubber
۴۲۴	۲- انواع Rubber
۴۲۸	۳- فرآیند Lining
۴۲۹	۴- Rubber Lining
۴۳۱	مراجع

معرفی کتاب

کتاب حاضر بر مبنای واحدهای فرآیندی پالایشگاه‌های گاز ترش، مانند ایلام، خانگیران و پالایشگاه‌های ۶ و ۷ و ۸ پارس جنوبی، نگاشته شده است. هدف از نگارش این کتاب آشنایی با نحوه‌ی محاسبات استحکام مکانیکی اجزای تحت فشار تجهیزات ثابت پالایشگاه‌های گاز و تشریح مواد به کار رفته در آن‌ها می‌باشد. امروزه گسترش نرم‌افزارهای قدرتمندی همچون PVElite و Compress باعث شده است که بسیاری از طراحی‌ها بر اساس روش‌های کامپیوتری صورت گیرد و لذا در ابتدای امر ممکن است چنین به نظر برسد که آشنایی با محاسبات استحکام مکانیکی لازم نباشد ولی تجربه نشان داده که این چنین نبوده و ورود به مباحث محاسباتی مسائل مکانیکی، تأثیر به‌سزایی در نگرش صحیح به ضرایب مختلف طراحی دارد. علی‌رغم پیچیدگی‌های نرم‌افزارها، در نهایت این مهندس طراح می‌باشد که بر اساس تجربیات و قضاوت مهندسی، طراحی را نهایی می‌نماید. این امر در صورتی به درستی انجام می‌شود که مهندس طراح در اوایل ورود به عرصه‌ی طراحی، تأثیر متقابل عوامل مختلف را در طراحی فرا گرفته باشد. در پایان مهندسین طراح پس از فراگیری محاسبات، باید بر روش‌های کامپیوتری تسلط داشته باشند چرا که طراح می‌تواند توسط نرم‌افزارها به سرعت تأثیر تغییرات ضرایب را بر پروژه‌ی خود بدانند.

علاوه بر این، نرم‌افزارها برای تحلیل بعضی مسائل از کتاب‌ها و مراجع مختلفی استفاده می‌نمایند که همه‌ی آن‌ها را در یک مرجع به طور کامل نمی‌توان یافت. در این خصوص می‌توان به مواردی چون محاسبه‌ی نیروی برشی، ممان خمشی و ضرایب لازمه‌ی کدهای UBC و ASCE و یا محاسبات Sadd.le مخازن افقی اشاره نمود که در کمتر کتابی می‌توان آن‌ها را به صورت منسجم و یک‌پارچه یافت. هم‌چنین در قسمت‌هایی از کتاب تفاوت‌های مفهومی کد ASME Sec. VIII Div.1 با Div.2 در مواردی هم‌چون معیارهای محاسبات تنش و تعیین تنش مجاز، معرفی دسته‌های تنش در Div.2 و معیار پذیرش ترکیب تنش‌ها قید شده است.

در کنار محاسبات مطرح شده، در بخش‌هایی به توضیحات مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله از نوع تیوب شیت ثابت و تیوب شیت متحرک و مبدل‌های هواخنک پرداخته شده است. یکی دیگر از مهم‌ترین موضوعاتی که در پالایشگاه‌های گاز ترش مطرح است مباحث متالورژیکی مواد، روش‌های جوشکاری و پوشش‌دهی و مسائل کنترل کیفی می‌باشد که در انتهای هر بخش بسته به موضوع، مطالب مفیدی در این ارتباط بیان شده است.

به طور خلاصه روند ارائه مطالب به این صورت است که هر بخش به یک واحد فرآیندی اختصاص داشته و در ابتدای آن، توضیح مختصر فرآیندی به همراه فلودیگرام‌های فرآیندی ارائه شده و سپس شرح مسائل تئوری و عملی محاسباتی برای تجهیزات مهم واحد فرآیندی مزبور بیان شده است. در هر واحد بسته به موضوع سعی شده است تا دو تجهیز مهم انتخاب و مباحث محاسباتی/متالورژیکی آن‌ها شرح داده شود. نظر به این که اکثر مخازن تحت فشار پالایشگاه بر اساس کد ASME Sec. VIII Div.1

طراحی و ساخته می‌شوند، لذا اکثر مطالب کتاب نیز بر اساس کد مزبور نگاشته شده است. با این حال با توجه به این که تعدادی از مخازن پالایشگاه بر اساس کدهای BS PD5500 و کد ASME Sec.VIII Div2 طراحی و ساخته می‌شوند، یکی از بخش‌های کتاب اختصاص به موضوع طراحی و ساخت مخازن مطابق کد PD5500 دارد که در آن توضیحات کلی محاسباتی و نحوه‌ی حل مسائل شامل بار تناوبی مطابق کد PD5500 قید شده است.

در روند نگارش کتاب سعی شده است تا مباحث از مطالب ساده شروع شده و به مسائل مهم‌تر ختم شود. در کلیه‌ی بخش‌ها عناوینی هم‌چون مشخصات طراحی و متریال‌های مورد استفاده، ضخامت اجزا، بحرانی‌ترین حالت ترکیبی بارگذاری، لزوم تست ضربه و عملیات حرارتی مطرح شده است و در عین حال با توجه به شکل و سرویس تجهیز، مطالب خاصی مانند محاسبات زلزله، باد و بارهای تناوبی به طور تفصیلی از مراجع مختلف ارائه و محاسبات سازنده به صورت گام به گام بررسی شده است. اغلب محاسبات سازنده توسط نرم‌افزارهای PVELite و Compress و در بعضی موارد "Advanced pressure vessel" صورت گرفته و در مواردی که نیاز به تحلیل تنش عددی بوده از نرم‌افزارهای المان محدود مانند ANSYS و گاهی NISA استفاده شده است. بنابراین مباحث مطرح شده در این کتاب از اطلاعات سازنده که در واقع خروجی نرم‌افزارهای فوق می‌باشد، برداشت شده است.

در انتها لازم به ذکر است علی‌رغم این که در بخش‌های مختلف کتاب، از بندهای کدهای طراحی استفاده شده اما این کتاب جنبه‌ی تفسیر کد نداشته و لازم است دانش‌پژوهان محترم در تمامی موارد، پاراگراف‌های کد را به دقت مطالعه نموده و رویه‌های محاسباتی آن را دنبال نمایند.

این کتاب برای مهندسین مکانیک و دانشجویان رشته‌ی مهندسی مکانیک که در زمینه‌ی صنایع نفت و گاز فعالیت می‌نمایند و یا علاقمند به تحلیل و محاسبات مخازن تحت فشار هستند بسیار مفید بوده و علاوه بر معرفی نرم‌افزارهای مطرح در این زمینه روند طی شده در طراحی تجهیزات تحت فشار را توسط طراحان متخصص در این صنعت به صورت گام به گام مورد بررسی قرار می‌دهد.

در خاتمه لازم است از آقای مهندس میرزایی، معاونت محترم مهندسی و توسعه‌ی پتروپارس که ما را در تهیه‌ی این کتاب ترغیب نمودند و هم‌چنین برادران و همکاران عزیز جناب آقای مهندس حسین مدیحی بیدگلی، جناب آقای مهندس علی پاک‌سرشت، جناب آقای مهندس سعید تاجیک و جناب آقای مهندس حمید زارع که حامی مؤلفان در تهیه‌ی این مجموعه بودند و در طول همه‌ی مراحل نقطه نظرات ارزش‌مندی در راستای بهبود این اثر ارائه نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

هم‌چنین از رهنمودهای ارزنده‌ی مدیریت محترم پژوهش و فن‌آوری شرکت ملی گاز، جناب آقای دکتر پاک‌سرشت و همکاران محترم ایشان آقایان مهندس امیدوار و مهندس سلیمی در تکمیل این مجموعه سپاس‌گزاری می‌گردد.

توصیه‌ها و پیشنهادهای دانش‌پژوهان گرامی در جهت ارتقای کیفی مسائل مطرح شده در این کتاب موجب قدردانی و تشکر مؤلفان خواهد بود.

پیش‌گفتار

ایران کشوری با ذخایر عظیم گازی است که بر اساس مطالعات و آمارهای مؤسسات بین‌المللی انرژی، رتبه‌ی دوم ذخایر گازی جهان را دارا می‌باشد. از مشهورترین میدان‌های گازی، پارس جنوبی می‌باشد که در آب‌های خلیج فارس واقع است و به عنوان یکی از بزرگ‌ترین میدان‌های گازی شناخته شده در جهان می‌باشد. میدان گازی پارس جنوبی در ۱۰۵ کیلومتری جنوب غربی بندر عسلویه در آب‌های خلیج فارس واقع بوده و بین ایران و قطر مشترک می‌باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته مقدار گاز موجود در این میدان مشترک حدود ۲۰٪ ذخایر گاز جهان را تشکیل می‌دهد. مساحت این میدان حدود ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که ۳۷۰۰ کیلومتر مربع از آن در آب‌های ایران و بقیه در آب‌های قطر و تا سرزمین قطر ادامه یافته است. بنادر عسلویه و تنبک (به ترتیب در ۲۷۰ و ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرقی بوشهر) به عنوان منطقه‌ی ساحلی برای ایجاد تأسیسات خشکی و توسعه‌ی مرحله‌ای این میدان انتخاب شده‌اند.

در این راستا و به منظور بهره‌برداری از ذخایر گاز و میعانات گازی موجود در این میدان، شرکت نفت و گاز پارس به عنوان یکی از شرکت‌های زیرمجموعه‌ی شرکت ملی نفت ایران مسئولیت توسعه‌ی میدان گازی پارس جنوبی را بر عهده گرفت. بر مبنای مطالعات صورت گرفته این میدان به فازهای مختلفی تقسیم‌بندی و قرارداد توسعه‌ی هر فاز از طریق برگزاری مناقصات به شرکت‌های پیمان‌کاری ذی‌صلاح واگذار شده است. در ابتدا، با توجه به فقدان تجربه‌ی کافی نزد پیمان‌کاران داخلی، مراحل مختلف طراحی و ساخت، با مشارکت شرکت‌های خارجی انجام می‌گرفت اما به مرور زمان و با رشد تجربه‌ی نیروهای متخصص و شرکت‌های داخلی فعال در این زمینه، امروزه شرایط به گونه‌ای است که شرکت‌های داخلی توان انجام تمام مراحل توسعه‌ی فازهای میدان گازی را بدون مشارکت شرکت‌های خارجی دارا می‌باشند.

با توجه به این که میدان گازی پارس جنوبی در آب‌های خلیج فارس قرار گرفته است، لذا توسعه و بهره‌برداری از آن مستلزم احداث سکوهای دریایی جهت انجام حفاری و جمع‌آوری گاز، خطوط لوله‌ی زیر آبی جهت انتقال گاز به خشکی و همچنین پالایشگاه خشکی جهت فرآوری و تولید محصولات هیدروکربنی می‌باشد.

گاز موجود در پارس جنوبی، مانند دیگر میادین مستقل گازی دنیا، به طور عمده از گاز متان تشکیل شده است. این گاز به علت وجود مقادیر نسبتاً زیاد گاز H_2S ، CO_2 (که ترکیبات اسیدی می‌باشند) گاز ترش است و فرآوری آن با مسائل و مشکلات مختص به خود همراه است. علاوه بر آن گازهای اتان، پروپان، بوتان و هیدروکربن‌های سنگین‌تر و همچنین گاز ازت نیز در این میدان موجود می‌باشد.

مقدار ترکیبات مختلف موجود در گاز میدان پارس جنوبی در لایه و مکان‌های مختلف متفاوت است. با بهره‌برداری از این میدان به نظر می‌رسد که درصد ترکیبات گاز نسبت به زمان تغییر می‌کند. درصد ترکیبات اصلی مختلف در برخی بلوک‌ها و مناطق پارس جنوبی به شرح زیر است:

- متان: ۸۲ درصد
- اتان: ۵/۲ درصد
- پروپان: ۱/۹ درصد
- بوتان: ۰/۴ درصد
- CS^+ : ۵/۰۶ درصد
- H_2S : بین ۰/۲۴ تا ۰/۵ درصد
- گاز کربنیک: ۱/۹ درصد
- نیتروژن: ۳/۳ درصد

از آن‌جا که پالایشگاه‌های با سرویس گاز ترش فاقد واحد شیرین‌سازی می‌باشند، لذا مسائل کنترل کیفی و انتخاب مواد آن‌ها نسبت به سایر پالایشگاه‌های پارس جنوبی حادتر می‌باشد.

واحدهای فرآیندی یک پالایشگاه با خوراک گاز ترش عبارت‌اند از:

تأسیسات دریافت^۱، بازیابی و تزریق MEG^۲، نم‌زدایی^۳، تفکیک مایعات گازی^۴، شیرین‌سازی ال‌پی‌جی^۵، پایدارسازی میعانات گازی^۶، پالایش آب اسیدی^۷ و بوستر کمپرسورهای گاز صادره^۸. هم‌چنین پروپان و بوتان تصفیه‌شده در مخازن جداگانه‌ای (که توسط مبرد سرد می‌شوند) ذخیره می‌گردد تا به شناورهای حمل‌کننده LPG منتقل شوند. میعانات گازی نیز در مخازن سقف شناور ذخیره می‌شوند تا به منظور صادرات توسط پمپ به مخزن گوی‌شکل شناور در دریا ارسال شوند.

-
- 1 Reception Facilities
 - 2 MEG Recovery & Injection
 - 3 Gas Dehydration
 - 4 NGL Extraction/Fractionation
 - 5 LPG Treating
 - 6 Condensate Stabilization
 - 7 Sour Water Stripping
 - 8 Export Gas Booster Compressor