٩٣١٤٨

دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک

گرایش طراحی کاربردی

عنوان

تحلیل عددی تاثیر کلگی های مختلف بر روی کمانش و بار بحرانی مخازن تحت فشار

استاد راهنما

دکتر محمدرضا خوشروان

استاد مشاور

دکتر محمد زهساز

پژوهشگر

ابوالفضل رحمانی

آذر ماه ۱۳۸۶

۱۳۸۷ /۲/ ۸

۹۲۱۴۵

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که

که راه و رسم پاک زیستن را به من آموختند. آرامش زندگانیم از مهربانی، صداقت و صبر بی انتهای آنهاست. و تمام زندگیم را مدیون آنها هستم.

و

خواهران مهربان و برادر عزیزم

که وجودشان مایه دلگرمی و شادمانی زندگی است.

سپاس

لازم میدانم که از استاد عزیز و گرانقدرم آقای دکتر محمدرضا خوشروان آذر تشکر نمایم که همواره با راهنماییهای خود این کار را هدایت کرده و با دلگرمی های خود مرا در انجام این گزارش مشوق بودند.

نام خانوادگی دانشجو: رحمنی **نام:** ابوالفضل

عنوان پایان‌نامه: تحلیل عددی تاثیر کلگی های مختلف برروی کمانش و بار بحرانی مخازن تحت فشار

استاد راهنما: دکتر محمدرضا خوشروان آذر

استاد مشاور: دکترمحمد زهساز

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مکانیک **گرایش:**طراحی کاربردی **دانشگاه:** تبریز
دانشکده: فنی و مهندسی مکانیک **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** آذر ۱۳۸۶ **تعداد صفحه:**۱۰۶

کلید واژه‌ها: مخزن تحت فشار ـ کلگی- شبه کروی- بیضوی - مخروطی ـ کمانش غیر خطی ـ مدلسازی- المان محدود

چکیده:

شکل کلگی های فلزی انتهایی مخازن تحت فشار معمولا به شکل پوسته های نیم کروی، بیضوی و مخروطی می باشد. کمانش این کلگی ها می تواند یکی از ملاحظات مهم در طراحی آنها باشد. این موضوع در طول سالیان گذشته به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته است. روش های تجربی در این مورد، معمولا هزینه بر و وقت گیر خواهد بود. ضمن اینکه به دلیل عدم دقت کافی درفرآیند ساخت ،گاه دو مدل یکسان دارای رفتار کمانشی متفاوت خواهند بود. به همین دلیل استفاده از المان محدود در بررسی رفتار کمانشی کلگی ها بسیار موثر می باشد.

در این پایان نامه به کمک روش المان محدود و استفاده از آنالیز غیر خطی کمانش، ابتدا برای تحلیل تاثیر کلگی های شبه کروی، کروی، بیضوی و مخروطی بر روی کمانش مخزن تحت فشار یکنواخت داخلی، تاثیر عوامل هندسی مختلف مانند ضخامت، شعاع ناکل ، قطر قسمت استوانه ای مخزن و... بر روی فشار کمانش کلگی ها مورد بررسی قرار گرفته و سپس تحت هندسه یکسان کمانش انواع کلگی ها با یکدیگر مقایسه شده است. برای آنالیز غیر خطی از روش طول کمان استفاده شده که قابلیت دنبال کردن مسیر کمانش بعد از بار بحرانی کمانش را دارا می باشد. رفتار انواع کلگی ها از نظر مقاومت کمانشی با یکدیگر نیز مقایسه گردیده است. نتایج بررسی تاثیر ناکاملی های هندسی بر رفتار کمانشی کلگی ها نشان می دهد که در حالت فشار یکنواخت داخلی ناکاملی های هندسی تاثیر کمی بر رفتار کمانشی کلگی ها دارند.

مقایسه نتایج حاصل از المان محدود با روابط موجود برای کمانش کلگی ها نشان می دهد که روش المان محدود از دقت خوبی برخوردار است.

درانتها پیشنهاد شده است که اثر تنش های پسماند بر رفتار کمانشی کلگی های مختلف بررسی شود.

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول: بررسی منابع و پیشینه پژوهش ۲

۱-۱) مخازن تحت فشار ۳

۱-۲) معرفی استانداردهای طراحی مخازن تحت فشار ۵

۱ -۳) مروری برتئوری پوسته ها ۷

۱-۴)کمانش کلگی بیضوی ۱۴

۱-۵) کمانش کلگی مخروطی ۲۰

۱-۵-۱) فرمول کمانش برای سطح تقاطع استوانه - مخروط ۲۴

۱-۵-۱-۱) کمانش الاستیک ۲۴

۱-۵-۱-۲) کمانش پلاستیک ۲۴

۱-۵-۱-۳) کنترل مود کمانشی ۲۵

۱-۵-۲) تاثیر حالت غیرخطی بودن بر نقطه دو شاخگی کلگی مخروطی ۲۶

۱-۶) کلگی های کروی و چنبره ای-کروی (شبه کروی) ۲۸

۱-۶-۱)تاثیر رفتار مواد ۳۲

۱-۶-۲) تاثیر شرایط مرزی ۳۳

۱-۶-۳) تاثیر نیم زاویه φ ۳۴

۱-۶-۴)کمانش الاستیک شبه کروی کامل: ۳۵

۱-۷) نتیجه گیری ۳۹

فصل دوم: مواد و روش ها ۴۰

۲-۱) مقدمه ۴۱

۲-۲) انواع آنالیز کمانشی ۴۳
۲-۲-۱) تحلیل کمانش خطی (آنالیز مقدار ویژه)..... ۴۳
۲-۲-۲) تحلیل کمانش غیر خطی..... ۴۳
۲-۳) انتخاب روش حل ۴۵
۲-۳-۱) روش طول کمان ۴۶
۲-۴) اعمال بار به صورت افزایشی تا رسیدن حل مسئله به حالت هم گرایی..... ۴۸
۲-۵) تعیین بار بحرانی کمانش ۴۹
۲-۶) المانهای مورد استفاده در تحلیل..... ۵۱
۲-۶-۱) المان Shell63..... ۵۲
۲-۶-۲) المان Shell93..... ۵۳
۲-۷) مدل سازی هندسی، تعیین خواص ماده و شبکه بندی..... ۵۴
۲-۸) شرایط مرزی و اعمال بار گذاری..... ۵۵
۲-۹) رفتار مواد..... ۵۷
۲-۱۰) دامنه پارامتر های هندسی..... ۵۸
۲-۱۰-۱) کلگی های بیضوی ۵۸
۲-۱۰-۲) کلگی شبه کروی و کروی..... ۵۹
۲-۱۰-۳) کلگی مخروطی..... ۶۱
۲-۱۱) ناکاملیها و اثرات آنها بر کمانش پوسته ۶۳
۲-۱۱-۱) ناکاملی هندسی..... ۶۴

۲-۱۱-۲) ناکاملی ناشی از بار گذاری..... ۶۴

۲-۱۱-۳)مدل سازی هندسه ناکامل..... ۶۵

فصل سوم: نتایج و بحث..... ۷۰

۳-۱) مقدمه ۶۹

۳-۲) تعیین فشار کمانش به روش المان محدود..... ۷۰

۳-۳) بررسی پارامتری کمانش مخزن به همراه کلگی ها..... ۷۳

۳-۳-۱) بررسی پارامتری کمانش برای کلگی کروی و شبه کروی..... ۷۳

۳-۳-۱-۱) تاثیر شعاع ناکل بر فشار کمانش کلگی شبه کروی..... ۷۵

۳-۳-۱-۲)تاثیر ضخامت بر فشار کمانش کلگی شبه کروی..... ۷۹

۳-۳-۱-۳) تاثیر شعاع قسمت کروی بر فشار کمانش کلگی شبه کروی..... ۸۰

۳-۳-۲) بررسی پارامتری کمانش کلگی بیضوی..... ۸۱

۳-۳-۲-۱) تاثیر ضخامت و نسبت قطرها بر کمانش کلگی بیضوی..... ۸۲

۳-۳-۳) بررسی پارامتری کمانش کلگی مخروطی ۸۵

۳-۳-۳-۱) تاثیر نیم زاویه راس بر کمانش کلگی مخروطی..... ۸۷

۳-۳-۳-۲) تاثیر پارامتر R/t بر کمانش کلگی مخروطی..... ۸۸

۳-۳-۳-۳) تاثیر تنش تسلیم بر کمانش کلگی مخروطی..... ۸۹

۳-۴) مقایسه رفتار کمانشی کلگی ها با یکدیگر..... ۹۰

۳-۴-۱) بررسی گسترش موج های محیطی در تقاطع استوانه- کلگی..... ۹۰

۳-۴-۲) بررسی فشار کمانش کلگی های مختلف با هندسه یکسان..... ۹۳

۳-۵) مقایسه فشار کمانش کلگی ها با فشار حد..... ۹۴

۳-۶) تاثیر نقص هندسی بر کمانش.....۹۶

۳-۶-۱)تاثیر نقص هندسی بر کمانش کلگی شبه کروی.....۹۶

۳-۶-۲)تاثیر نقص هندسی بر کمانش کلگی مخروطی.....۹۷

نتیجه گیری.....۹۹

پیشنهادات.....۱۰۰

منابع ۱۰۱

فهرست اشکال و جداول

صفحه

شکل(۱-۱). یک نمونه مخزن تحت فشار ۴

شکل (۱-۲) سازه پوسته جدار نازک ۱۰

شکل(۱-۳). مودکمانش پیچشی برای پوسته نازک ۱۲

شکل (۱-۴).فرمول فشار کمانش الاستیک ۱۵

شکل(۱-۵). هندسه پوسته کروی-چنبره ای ۱۷

شکل(۱-۶). یک قسمت از کل پوسته ۱۷

شکل (۱-۷). مود کمانش کلگی نیم بیضوی تحت فشار خارجی ۱۸

شکل(۱-۸). تانک آزمایش به همراه کلگی ۱۹

شکل (۱-۹). نمای کلی از تانک ذخیره مورد بررسی ۲۱

شکل(۱-۱۰).ابعاد و مود کمانش کلگی کروی ۲۲

شکل(۱-۱۱).کمانش کلگی مخروطی ۲۲

شکل ۱-۱۲.تنش های غشایی محیطی در تقاطع استوانه – مخروط ۲۳

شکل ۱-۱۳. تقاطع استوانه - مخروط تقویت شده ۲۶

شکل ۱-۱۴. هندسه و علائم مورد استفاده در مطالعه جبارین وشنمن ۲۷

شکل(۱-۱۵). بار کمانش خطی و غیر خطی پوسته مخروطی برای تئوری های پوسته ۲۷

شکل (۱-۱۶). هندسه کلگی چنبره ای-کروی ۲۸

شکل(۱-۱۷). هندسه وعلائم پوسته کروی کامل ۲۹

شکل (۱-۱۸). نتایج تجربی برای کلگیهای کروی آلومینیومی و فولادی ۳۱

شکل (۱-۱۹). کلگی کروی با $R/t=50$، $\emptyset=60^\circ$ مود ویژه پوسته الاستیک ۳۳

شکل(۱-۲۰). تاثیر شرایط مرزی بر روی با کمانش الاستیک..... ۳۴

شکل (۱-۲۱). شرایط مرزی مختلف برای کلگی شبه کروی ۳۶

شکل(۱-۲۲). تاثیر طول فلانج بر روی فشار کمانش انشعابی..... ۳۸

شکل(۲-۱). کلگی شبه کروی به همراه شعاع ناکل و crown.....۴۲

شکل(۲-۲). منحنی کمانش.....۴۴

شکل(۲-۳). منحنی رفتار کمانش غیرخطی.....۴۴

شکل(۲-۴). کمانش شکم دهی..... ۴۵

شکل(۲-۵). پارامتر های مربوط به روش طول کمان..... ۴۷

شکل(۲-۶). روش ساتول برای تعیین بار کمانش.....۴۹

شکل(۲-۷). تعیین بار بحرانی کمانش.....۵۰

شکل(۲-۸). روش نصف سفتی سازه و یک سوم سفتی سازه.....۵۱

شکل(۲-۹). المان Shell 63. .....۵۲

شکل(۲-۱۰) المان Shell 93 ..... ۵۴

شکل(۲-۱۱). اعمال شرایط مرزی..... ۵۶

شکل(۲-۱۲). اعمال بارگذاری.....۵۷

شکل(۲ -۱۳). الف- ابعاد کلگی بیضوی ب) مدل مخزن با کلگی بیضوی..... ۵۸

شکل (۲-۱۴). الف) ابعاد کلگی شبه کروی.ب) ابعاد کلگی کروی..... ۶۰

شکل(۲-۱۵). الف) ابعاد کلگی مخروطی ب) مدل المان محدود کلگی مخروطی..... ۶۱

شکل(۲-۱۶). کمانش مخزن با کلگی بیضوی..... ۶۲

شکل(۲-۱۷). کمانش مخزن با کلگی شبه کروی..... ۶۲

شکل(۲-۱۸). کمانش مخزن با کلگی مخروطی. ۶۳

شکل(۲-۱۹) .کلگی شبه کروی با نقص های هندسی ۶۶

شکل(۲-۲۰). کلگی مخروطی با نقص های هندسی..... ۶۷

شکل(۳-۱). نمودار جابجایی محوری - بار برای کلگی شبه کروی..... ۷۱

شکل(۳-۲). نمودار جابجایی شعاعی - بار برای کلگی شبه کروی..... ۷۱

شکل (۳-۳) نقاطی نزدیک تقاطع برای رسم نمودار جابجایی - بار ۷۲

شکل(۳-۴). نمودار فشار بحرانی بر حسب r/L (t/L=0.002)..... ۷۴

شکل(۳-۵) نمودار فشاربحرانی بر حسب r/L (t/L=0.003)..... ۷۵

شکل (۳-۶). تنش های غشایی محیطی در تقاطع استوانه – کلگی..... ۷۶

شکل(۳-۷). تاثیرشعاع ناکل برکلگی شبه کروی باt/L=0.002 ..... ۷۸

شکل (۳-۸) . تاثیر شعاع ناکل بر روی فشار کمانش کلگی شبه کروی..... ۷۹

شکل(۳-۹). تاثیر پارامتر t/L بر فشار کمانش کلگی شبه کروی ۸۰

شکل (۳-۱۰). نمودار فشار کمانش کلگی شبه کروی بر حسب L/D..... ۸۱

شکل (۳-۱۱). نمودار فشار کمانش کلگی بیضوی بر حسب پارامترt/D..... ۸۳

شکل(۳-۱۲). نمودار فشار کمانش کلگی بیضوی بر حسب پارامتر نسبت قطرها ۸۳

شکل(۳-۱۳). تاثیر نسبت ضخامت (t/D) بر رفتار کمانش کلگی بیضوی..... ۸۴

شکل(۳-۱۴). تاثیر نسبت قطرها (D/2h) بر رفتار کمانش کلگی بیضوی..... ۸۵

شکل(۳-۱۵). تاثیر نیم زاویه مخروط برفشار کمانش کلگی مخروطی..... ۸۸

شکل(۳-۱۶). تاثیر پارامتر R/t برفشار کمانش کلگی مخروطی..... ۸۹

شکل(۳-۱۷). تاثیرتنش تسلیم برفشار کمانش کلگی مخروطی ۹۰

شکل(۳-۱۸).موج های محیطی در کلگی شبه کروی با t/L=0.002 وr/L=0.06..... ۹۱

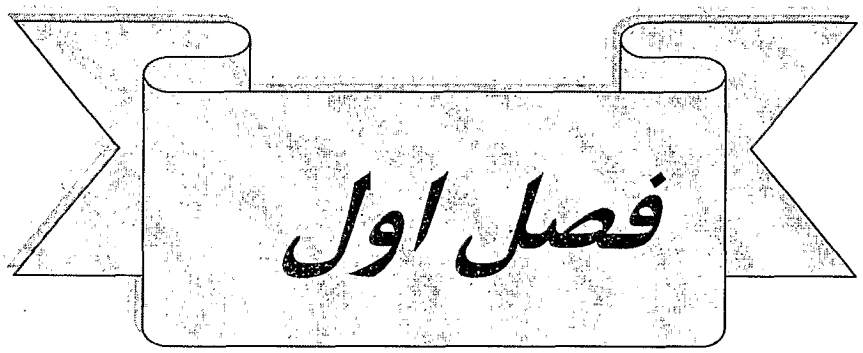
شکل(۳-۱۹).موج های محیطی در کلگی بیضوی ۹۲
شکل(۳-۲۰).موج های محیطی در کلگی مخروطی..... ۹۲
شکل(۳-۲۱). کلگی ها با هندسه یکسان..... ۹۳
شکل(۳-۲۲) .نمودار فشار کمانش کلگی شبه کروی برحسب فشار حد..... ۹۵
شکل (۳-۲۳). نمودار نسبت فشار کمانش به فشار حد بر حسب فشار کمانش..... ۹۶
شکل (۳-۲۴). تاثیر نقص های هندسی بر رفتار کمانش کلگی شبه کروی..... ۹۷
شکل(۳- ۲۵). تاثیر نقص هندسی بر رفتار کمانشی مخزن با کلگی مخروطی..... ۹۸
جدول (۱-۱). مقایسه میان محاسبات وزنی و محاسبات المان محدود ۱۱
جدول(۱-۲).نتایج کامپیوتری برای کمانش الاستیک.فشار کمانش..... ۱۴
جدول (۱-۳)-فشار کمانش برای کلگی نیم بیضوی..... ۱۸
جدول (۱-۴). فشار کمانش برای کلگی نیم بیضوی..... ۲۰
جدول (۱-۵) سری فوریه هارمونیک برای کمترین مود کمانش دوشاخگی..... ۳۴
جدول(۱-۶). تاثیر اندازه ناکلو شرایط مرزی بر روی بار کمانشی..... ۳۷
جدول (۱-۷). تاثیر طول فلانج استوانه ای،L/D بر روی فشار کمانش انشعابی ۳۸
جدول (۳-۱).مشخصات هندسی کلگی های شبه کروی (L/D=1)..... ۷۳
جدول (۳-۲). مقایسه نتایج المان محدود و نتایج روشه..... ۸۲
جدول(۳-۳). مشخصات کلگی های مخروطی و فشار کمانش آنها..... ۸۶
جدول(۳-۴). مقایسه فشار کمانش کلگی های با هندسه یکسان..... ۹۳

مقدمه:

پوسته ها به دلیل وزن کم و مقاومت زیاد کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارند. این خواص ناشی از طبیعت هندسی و مادی پوسته ها است. سازه های پوسته ای از نظر تحمل بارهای فشاری و ضربه ای از بهترین سازه ها محسوب می شوند و به دلیل قدرت تحمل بار، استحکام بالا و راحتی ساخت، مهندسین همواره از سازه های پوسته ای در طراحی و ساخت سازه های مختلف استفاده می کنند.

شکل کلگی های فلزی انتهایی مخازن تحت فشار معمولا به شکل پوسته های نیم کروی، بیضوی و مخروطی می باشد. کمانش این کلگی ها می تواند یکی از ملاحظات مهم در طراحی آنها باشد. این موضوع در طول سالیان گذشته به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته است. روش های تجربی در این مورد معمولا هزینه بر و وقت گیر خواهد بود. ضمن اینکه به دلیل دلیل امکانات ساخت و وجود ناکاملی هندسی در مدل ها،گاه دو مدل یکسان دارای رفتار کمانشی متفاوت خواهند بود. به همین دلیل استفاده از المان محدود در بررسی رفتار کمانشی کلگی ها بسیار موثر می باشد.

در این پایان نامه با استفاده از روش غیر خطی کمانش به آنالیز مخازن تحت فشار یکنواخت داخلی با کلگی های شبه کروی، کروی، بیضوی و مخروطی می پردازیم و تاثیر عوامل مختلف مانند ضخامت، شعاع ناکل کلگی شبه کروی، قطر کلگی و... را بر روی کمانش مخزن بررسی می کنیم. برای آنالیز غیر خطی از روش طول کمان استفاده می شود که قابلیت دنبال کردن مسیر کمانش بعد از بار بحرانی کمانش را دارا می باشد. رفتار کلگی ها از نظر مقاومت کمانشی با یکدیگر نیز مقایسه می شود. در ادامه تاثیر ناکاملی های هندسی بر رفتار کمانشی کلگی ها مورد بررسی واقع می شود. هم چنین نتایج حاصل با روابط و نتایج موجود مقایسه می گردد. در پایان به نتیجه گیری و معرفی کارهای پیشنهادی برای آینده می پردازیم.



بررسی منابع و پیشینه پژوهش

۱-۱) مخازن تحت فشار:

مخازن تحت فشار یکی از انواع محفظه هایی هستند که امروزه به طور گسترده ای در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، صنایع دریایی، موشک سازی و زیردر یایی ها مورد استفاده قرار می گیرند. این مخازن به شکلهای مختلف در صنعت وجود دارند. انتخاب نوع مخزن بسته به شرایط کاری و شرایط سرویس دهی آن فرق می کند. مخازن متداولی که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند اغلب استوانه ای و کروی هستند که در جاهای مختلف به کار می روند.

یک مخزن بسته به محل کاربرد آن ممکن است به صورت تک نیرویی یا ترکیبی از فشار محوری، شعاعی، فشاری گسترده روی سطح داخلی یا خارجی و ... قرار گیرد. در این پایان نامه به بررسی مخزن تحت فشار داخلی که یکی از معمول ترین شرایط نیرویی مخازن در صنعت می باشد می پردازیم.

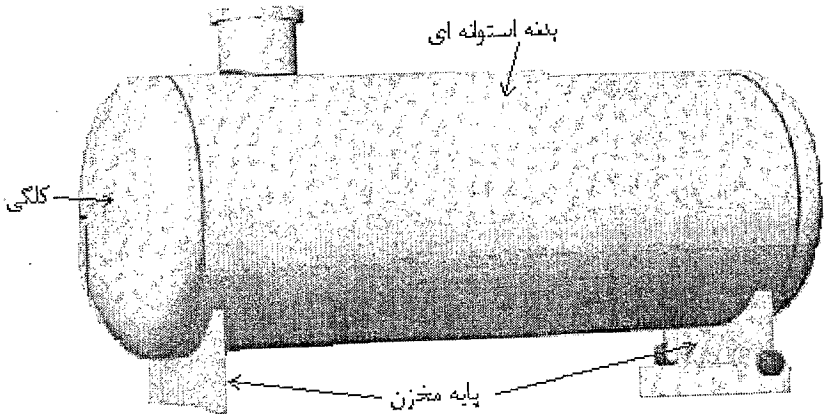
مخزن استوانه ای می تواند سطح مقطع یکسان داشته باشد یا بسته به نیاز سطح مقطع آن تغییر کند. انواع مخازن استوانه ای در صنعت با ابعاد متفاوت مورد استفاده قرار می گیرند. اندازه این مخازن حتی به طول صد متر و قطر چندین متر هم می رسد. به عنوان مثال برجهای تقطیر، یکی از انواع این مخازن تحت فشار می باشد.

مخازن استوانه ای تحت فشار به صورت افقی و عمودی موجود می باشند، یک مخزن تحت فشار معمولاً از اجزای زیر تشکیل می شود:

- پوسته استوانه ای که از رول کردن ورق ساخته می شود.
- کلگی ها[1] (عدسیهای انتهایی) که با فرم دادن ورق ساخته می شوند.
- رینگ های تقویتی که معمولاً از پروفیلهای استاندارد انتخاب می شود.

1-Head

- لوله ها و فلنجها.
- تکیه گاه مخازن که در مخازن افقی به نام Saddle و در مخازن عمودی بـه نامهـای Skirt, Leg و Lug وجود دارند.



شکل(۱-۱). یک نمونه مخزن تحت فشار

مخازن عمودی اغلب بزرگتر از مخازن افقی هستند. در طراحی قسمتهای مختلف مخـازن، پارامترهـای متعددی مورد استفاده قرار می گیرد. از جمله این پارامترها می توان به طول و قطر یا حجم مخزن، فـشار طراحی مخزن اعم از داخلی و خارجی، تعداد نازلها، طریقهٔ اتصال و غیـره اشـاره کـرد. بـرای داشـتن یـک مخزن مناسب باید تمام پارامترهای آن به طور صحیح بررسی شوند. علاوه بر آن، پارامترهای دیگری وجود دارند که باید به طور مناسب مورد توجه قرار گیرند. از جمله این پارامترها می توان به محـل کـار مخـزن، نوع ماده مورد استفاده در مخزن، عوامل جغرافیایی، مثل باد و زلزله و غیره اشـاره کـرد. همچنـین قیمـت مخزن مورد نظر با توجه به سرویس دهی و عمر مفید آن از جمله پارامترهـای طراحـی یـک مخـزن مـی باشد.

۱-۲) معرفی استانداردهای طراحی مخازن تحت فشار

استانداردهای مختلفی در طراحی مخازن تحت فشار وجود دارد. ظوابط و رابطه های این استانداردها به صورت یک قانون برای طراحی در آمده است. به طوری که استناد به این استانداردها و استفاده از آنها ناگزیر شده است.

بعضی از استانداردهای شناخته شده ای که در زمینهٔ طراحی مخازن تحت فشار و مخازن ذخیره موجودند به قرار زیر است:

- ASME Boiler And Pressure Vessel Code
- BS 5500
- AD-MARK BLATT (DIN)
- API 620 , API 65

استاندارد ASME، استاندارد کامل و شناخته شده ای در مخازن تحت فشار و انواع بویلرها می باشد. این استاندارد آمریکایی درباره انواع موارد مربوط به مخازن از جمله طراحی، انواع جنس مخازن، نوع ساخت، روشهای اتصال و موارد دیگر بحث کرده است.

بخشهای مختلف استاندارد ASME در سه قسمت موجود می باشد. در قسمت اول این استاندارد، طراحی مخارن تحت فشار، به وسیله کدها و رابطه های موجود بیان شده است و معیار مورد استفاده در این قسمت، حداکثر تنش نرمال می باشد که با ضریب اطمینان ۳/۵ در نظر گرفته می شود.

در قسمت دوم این استاندارد، بحث طراحی مخازن تحت فشار با توجه به دسته بندی کردن تنشهای مختلف در نظر گرفته شده است. معیار مورد استفاده در این قسمت، معیار حداکثر تنش برشی می باشد که با ضریب اطمینان ۳، در نظر گرفته شده است. در قسمت دوم استاندارد ASME با توجه به این که

چه تنشی، کدام گسیختگی را بوجود می آورد، تنشها دسته بندی می شوند و برای هر کدام از آنها حدی تعریف می شود که مقدار مجاز آن تنش می باشد [۱].

رابطه و ضابطه های طراحی در قسمت دوم استاندارد، می تواند برای طراحی انواع سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد. کار با این قسمت از استاندارد نسبت به قسمت اول سخت تر است و اکثر طراحیها در ایران بر اساس قسمت اول صورت می گیرد.

استاندارد BS 5500، استاندارد بریتانیایی است که در طراحی مخازن وجود دارد.

استاندارد DIN نیز استاندارد کشور آلمان برای طراحی مخازن تحت فشار است که در آن ضریب اطمینان ۲ در نظر گرفته می شود.

استاندارد API، استاندارد موجود در طراحی مخازن ذخیره است که دو نسخه API 620 و API 650 در این زمینه کاربرد بیشتری دارند.

۱-۳) مروری بر تئوری پوسته ها:

تلاش های زیادی به منظور توسعه تئوری های خطی و غیر خطی برای پوسته های نازک انجام شده است. اولین تئوری کامل خطی که تا اندازه ای برپایه کار اولیه کیرشهف[۱] روی ورق ها استوار بود توسط لاو[۲] ارایه گردید. از این تئوری اغلب اوقات به عنوان تقریب اول لاو[۲] یاد می شود. تئوری خطی بعدی برای پوسته های نازک توسط دونل[۳]، ریسنر[۴]، ساندرز[۵]، کویتر[۶] پایه گذاری شد و تئوری مناسب برای پوسته های با ضخامت متوسط توسط فلوگه[۷] گسترش یافت. به طورمعمول آنالیز غیر خطی و بررسی پایداری بر اساس روابط غیز خطی جابجایی-کرنش و معادلات تعادل مربوطه استوار است. یکی از ابتدایی ترین کارها در این زمینه، تئوری غیرخطی پوسته های با عمق کم مارگوئر است. دونل[۸] یک تئوری تقریبی را برای پوسته استوانه ای ارائه کرد و پیشنهاد نمود که این تئوری برای سایر پوسته ها نیز گسترش یابد. ناوژیلو[۹] تئوری تغییر شکل کلی برای پوسته های نازک را به دست آورد، ولی نه وارد جزئیات به منظور ساده سازی شد و نه راجع به معادلات تعادل مربوطه بحث کرد. ساندرز[۱۰] و کویتر به طور جداگانه تئوری غیر خطی پوسته های نازک را گسترش داده و نشان دادند که تئوری های قبلی را می توان از روابط ارایه شده توسط آنها با تقریب خوبی استخراج کرد. برای پوسته هایی که کرنش های کوچک و چرخش های نسبتا بزرگ دارند، از تئوری های غیر خطی دونل و ساندرز به طور گسترده ای استفاده شده است. این تئوری های کلاسیک در دوره پیش از توسعه کامپیوتر به منظور مطالعه تحلیلی گسترش پیدا کردند و بسیاری از جملاتی که در مقایسه با جملات دیگر کوچک بودند به دلیل ساده سازی حذف می شد. با این حال

1-Kirchhoff
2-Love
3-Donnell
4-Reissner
5 -Sanders
6-Koiter
7 -Flugge
8 -Donnell
9--Novozhilov
10 - Sanders