

۱۴۴۴.۱



دانشگاه گیلان

دانشکده‌ی فنی مهندسی مکانیک

پایان نامه

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی مکانیک
گرایش طراحی کاربردی

عنوان

تأثیر ضخامت، فرم کلاهک و درجه‌ی حرارت در مخزن تحت فشار،
بر روی پدیده‌ی گمانش و بار حد

استاد راهنما

دکتر محمد زهساز

استاد مشاور

دکتر فرید و کیلی تهامی

پژوهشگر

یاسر اشرف گندمی

۱۳۸۹ / ۸ / ۲

مستاد راهنما
دکتر محمد زهساز

شهریور ۱۳۸۹

۱۴۴۲۰۸

پدرم: بزرگواری که آرامش زندگی ام را مدیون ایشانم.

مادرم: یگانه انسانی که همیشه باورم کرده است.

برادرم: عزیزی که همیشه مشوقم بوده است.

سپاس و قدردانی:

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد زهساز به خاطر راهنمایی های ارزشمند و کارگشایشان در راستای انجام این پایان نامه کمال تشکر و امتنان را دارم.

از جناب آقای دکتر فرید و کیلی تهامی به خاطر رهنمودهای بسیار ارزشمندشان در جهت انجام این رساله بسیار متشکر و سپاسگزارم.

نام خانوادگی: اشرف گندمی		نام: یاسر	
عنوان پایان نامه: تاثیر ضخامت، فرم کلاهک و درجه ی حرارت در مخزن تحت فشار، بر روی پدیده ی کمانش و بار حد			
استاد راهنما: دکتر محمد زهساز			
استاد مشاور: دکتر فرید وکیلی تهامی			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد		رشته: مهندسی مکانیک	
دانشگاه: تبریز		گرایش: طراحی کاربردی	
تعداد صفحه: ۱۷۵ صفحه		دانشکده: فنی و مهندسی مکانیک	
		تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۸۹	
<p>کلید واژه ها: مخزن تحت فشار، کلگی مخروطی، کلگی بیضوی، کلگی شبه بیضوی، تغییر شکل پلاستیک بزرگ، کمانش پلاستیک، معیار کار پلاستیک، معیار انحنای کار پلاستیک، معیار دو برابر شیب الاستیک، معیار تقاطع دو مماس</p> <p>چکیده: امروزه مخازن تحت فشار فلزی، در بسیاری از صنایع از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی کاربرد زیادی دارند. این مخازن معمولاً از یک بدنه ی عموماً استوانه‌ای به همراه کلگی‌ها در اشکال مختلف ساخته می‌شوند. در بین شکل کلگی‌های مختلف که برای ساخت مخازن فلزی به کار می‌روند؛ کلگی‌های بیضوی، شبه بیضوی و مخروطی اهمیت بسیار زیادی دارند. حالت عمومی بارگذاری در مخازن فلزی مزبور به صورت بارگذاری فشاری داخلی است که تحت بارگذاری فشاری، به علت عدم پیوستگی شیب هندسی در راستای محوری، در محل اتصال کلگی و بدنه ی استوانه‌ای، تنش‌های محیطی فشاری بزرگی به وجود می‌آید که این تنش‌های فشاری در صورت رسیدن به یک مقدار بحرانی، می‌توانند سبب تسلیم و سپس گسست مخزن به دو صورت کلی تغییر شکل های پلاستیک بزرگ و یا کمانش پلاستیک شوند. در این پایان نامه، تاثیر ضخامت ورق، نوع شکل کلگی و دمای مخزن بر روی بار حد و بار بحرانی کمانش مخازن فلزی با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهش حاضر، علاوه بر معیارهای تقاطع دو مماس و دو برابر شیب الاستیک، دو معیار جدید کار پلاستیک و انحنای کار پلاستیک برای بدست آوردن بار حد در مخازن فلزی مورد استفاده قرار گرفته است. معیارهای کار پلاستیک و انحنای کار پلاستیک، معیارهایی هستند که بار حد را بر مبنای مقدار کار پلاستیکی که در سازه در طول افزایش بار تلف می‌شوند محاسبه می‌کنند. معیارهای مزبور می‌توانند برای یک مخزن تحت بارگذاری منفرد و یا ترکیبی از بارگذاری‌ها به کار رفته و حسن بزرگ معیارهای جدید این است که بر خلاف معیارهای پلاستیک قبلی، بار حد محاسبه شده با استفاده از این معیارها، از پاسخ الاستیک اولیه سازه متاثر نمی‌شود. نتایج حاصل از تحلیل با استفاده از معیارهای پلاستیک جدید موید این مطلب است که نتایج حاصل در تطابق بسیار خوبی با نتایج حاصل از استانداردهای بین المللی مثل استاندارد مهندسیین مکانیک آمریکا (ASME) قرار دارد. علاوه بر این، نتایج عددی موید این مطلب مهم هستند که با افزایش دمای مخزن، مبنای طراحی بیشتر بر مبنای بار حد پلاستیک مخازن خواهد بود. حال آنکه، با جدار نازک شدن مخازن و یا با کم عمق کردن قسمت کلگی در مخازن، مبنای طراحی بر اساس بار بحرانی کمانشی بوده و کمتر متاثر از بار بحرانی پلاستیک خواهد بود.</p>			

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول: مقدمه

- ۱ -----
- ۲ ----- ۱-۱: تعاریف عمومی
- ۳ ----- ۲-۱: گونه های مختلف تقسیم بندی مجاری تحت فشار
- ۴ ----- ۱-۲-۱: از نظر سایز و فشار کاری
- ۴ ----- ۲-۲-۱: از منظر محل قرارگیری
- ۴ ----- ۳-۲-۱: از نظر شکل
- ۵ ----- ۴-۲-۱: از نکته نظر کاربری
- ۵ ----- ۵-۲-۱: از منظر مصالح به کار رفته
- ۶ ----- ۳-۱: قسمت های مختلف تشکیل دهنده ی یک مخزن تحت فشار فلزی
- ۷ ----- ۴-۱: انواع کلگی ها (عدسی ها)
- ۸ ----- ۱-۴-۱: کلگی شبه بیضوی
- ۸ ----- ۲-۴-۱: کلگی بیضوی
- ۹ ----- ۳-۴-۱: کلگی کروی
- ۹ ----- ۴-۴-۱: کلگی مخروطی
- ۹ ----- ۵-۱: معرفی استانداردهای طراحی مخازن تحت فشار

فصل دوم: بررسی منابع و پیشینه ی پژوهش

- ۱۳ ----- ۱-۲: تعاریف عمومی اولیه
- ۱۴ ----- ۱-۱-۲: تغییر شکل های پلاستیک بزرگ
- ۱۵ ----- ۲-۱-۲: کمانش یا ناپایداری سازه ای
- ۱۵ ----- ۳-۱-۲: تقسیم بندی های مختلف انواع تغییر شکل کمانشی
- ۱۶ ----- ۱-۳-۱-۲: کمانش دو شاخگی
- ۱۶ ----- ۱-۱-۳-۱-۲: نقطه ی دو شاخگی
- ۱۶ ----- ۲-۳-۱-۲: کمانش بارحد (کمانش شکم دهی)
- ۱۷ ----- ۱-۲-۳-۱-۲: بارحد
- ۱۹ ----- ۳-۳-۱-۲: تقسیم بندی از نظر جابجایی
- ۱۹ ----- ۴-۳-۱-۲: تقسیم بندی از نقطه نظر نوع بارهای وارده
- ۱۹ ----- ۵-۳-۱-۲: تقسیم بندی از نظر رفتار مادی
- ۲۰ ----- ۲-۲: بررسی تاریخچه ی پژوهش
- ۲۴ ----- ۱-۲-۲: تنش های الاستیک در استوانه های جدارنازک
- ۲۶ ----- ۲-۲-۲: تنش های ناپیوسته در مخازن تحت فشار

- ۲۸ ----- ۳-۲-۲: آنالیز ترموالاستیک پوسته های استوانه ای جدار ضخیم
- ۳۱ ----- ۴-۲-۲: آنالیز ترموپلاستیک پوسته های استوانه ای جدار ضخیم
- ۳۵ ----- ۵-۲-۲: آنالیز کمانش یک پوسته ای استوانه ای جدار نازک با روش توابع وزنی
- ۴۱ ----- فصل سوم: تحلیل و طراحی اتصالات کلگی ها به بدنه ی اصلی در مخازن تحت فشار
- ۴۲ ----- ۱-۳: آنالیز محل اتصال کلگی و بدنه ی استوانه ای در یک مخزن تحت فشار
- ۴۳ ----- ۲-۳: خرابی با تقارن محوری شامل تغییر شکل های متقارن محوری شدید به سمت داخل
- ۴۵ ----- ۱-۲-۳: آنالیز با روش بار تسلیم غشایی
- ۴۶ ----- ۲-۲-۳: آنالیز بار حد
- ۴۶ ----- ۱-۲-۲-۳: مزایای آنالیز بار حد
- ۴۶ ----- ۲-۲-۲-۳: معایب آنالیز بار حد
- ۵۰ ----- ۳-۲-۲-۳: فرمول تقریبی پیشنهادی برای بار حد
- ۵۰ ----- ۳-۲-۳: آنالیز شکست با استفاده از تئوری تغییر شکل های بزرگ
- ۵۳ ----- ۱-۳-۲-۳: فرمولاسیون بار شکست با استفاده از تئوری تغییر شکل های بزرگ
- ۵۷ ----- ۳-۳: کمانش غیر متقارن با پیدایش موج های محیطی در حول محیط
- ۵۸ ----- ۱-۳-۳: تحلیل کمانش دوشاخگی الاستیک خطی
- ۵۹ ----- ۲-۳-۳: تحلیل کمانش الاستیک-پلاستیک با در نظر گرفتن تئوری تغییر شکل های بزرگ
- ۶۲ ----- ۳-۳-۳: مدهای مختلف کمانشی یک مخزن تحت فشار
- ۶۳ ----- ۴-۳-۳: تعیین مقاومت کمانشی الاستیک در یک مخزن تحت فشار
- ۶۴ ----- ۵-۳-۳: تعیین مقاومت کمانشی پلاستیک در یک مخزن تحت فشار
- ۶۵ ----- ۴-۳: کنترل مد بحرانی خرابی در یک مخزن تحت فشار
- ۶۵ ----- ۱-۴-۳: انتخاب بار حد به عنوان بار بحرانی در مد خرابی با تقارن محوری
- ۶۵ ----- ۱-۱-۴-۳: کمانش پلاستیک به عنوان مد بحرانی اصلی در آنالیز با روش تغییر شکل های کوچک
- ۶۵ ----- ۲-۱-۴-۳: کمانش الاستیک به عنوان مد غالب بحرانی در آنالیز با روش تغییر شکل های کوچک
- ۶۶ ----- ۳-۱-۴-۳: بار حد به عنوان مد خرابی بحرانی در آنالیز با روش تغییر شکل های کوچک
- ۶۶ ----- ۲-۴-۳: انتخاب بار بحرانی حاصل از تحلیل به روش تغییر شکل های بزرگ به عنوان بار بحرانی در مد خرابی با تقارن محوری
- ۶۶ ----- ۱-۲-۴-۳: بار بحرانی حاصل از تحلیل به روش تغییر شکل های بزرگ به عنوان مد خرابی بحرانی
- ۶۷ ----- ۵-۳: نمونه ی کاربردی از کمانش یک مخزن با عدسی های مخروطی و کروی

فصل چهارم: مقایسه ای از طراحی به روش استانداردها با روش طراحی بر مبنای تئوری

- کار پلاستیک ----- ۷۰
- ۱-۴: روش طراحی مخازن به کمک تحلیل و آنالیز ----- ۷۱
- ۱-۱-۴: تحلیل الاستیک ----- ۷۱
- ۲-۱-۴: تحلیل الاستوپلاستیک ----- ۷۲
- ۱-۲-۱-۴: تحلیل الاستوپلاستیک به روش آنالیز حد ----- ۷۲
- ۲-۲-۱-۴: تحلیل الاستوپلاستیک به روش آنالیز پلاستیک ----- ۷۳
- ۳-۱-۴: معیارهای فروپاشی پلاستیک ----- ۷۵
- ۱-۳-۱-۴: معیار دو برابر شیب الاستیک برای تعیین بار پلاستیک ----- ۷۵
- ۲-۳-۱-۴: معیار تقاطع دو مماس برای تعیین بار پلاستیک ----- ۷۸
- ۲-۴: معیارهای طراحی مبتنی بر تئوری کار پلاستیک برای طراحی مخازن تحت فشار ----- ۸۰
- ۱-۲-۴: معیار کار پلاستیک برای بدست آوردن بار پلاستیک ----- ۸۰
- ۲-۲-۴: معیار انحنای کار پلاستیک برای ارزیابی بار پلاستیک ----- ۸۵
- ۱-۲-۲-۴: ترسیم منحنی انحنای بار-کار پلاستیک در یک سازه ی تحت فشار ----- ۸۷
- ۲-۲-۲-۴: مقایسه ی تئوری های دو برابر شیب الاستیک و انحنای کار پلاستیک ----- ۸۹
- فصل پنجم: مقایسه ی معیارهای پلاستیک مختلف با تست های تجربی موجود در ادبیات**
- فن ----- ۹۰
- ۱-۵: تاریخچه ای از تست های تجربی انجام گرفته در محل اتصال کلگی مخروطی و بدنه ی استوانه‌ای تحت فشار داخلی ----- ۹۱
- ۲-۵: روش تست محل اتصال کلگی مخروطی و بدنه ی استوانه ای تحت فشار داخلی ----- ۹۱
- ۳-۵: آنالیز فوریه ی برای تشخیص عیوب اولیه و تغییر شکل های کمانشی در اثر بارگذاری فشاری داخلی ----- ۹۹
- فصل ششم: انتخاب روش حل و معرفی مدل های المان محدود**
- ۱-۶: انواع آنالیز کمانشی ----- ۱۰۳
- ۱-۱-۶: آنالیز کمانش خطی (مقادیر ویژه) ----- ۱۰۴
- ۲-۱-۶: تحلیل کمانش غیرخطی ----- ۱۰۴
- ۱-۲-۱-۶: تحلیل کمانش غیرخطی با استفاده از روش نیوتن-رافسون (Newton-Raphson procedure) ----- ۱۰۶
- ۲-۲-۱-۶: تحلیل کمانش غیرخطی با استفاده از الگوریتم طول کمان (Arc-Length algorithm) ----- ۱۰۹
- ۳-۱-۶: انتخاب معیارهای تعیین بار حد پلاستیک و بار بحرانی کمانشی ----- ۱۱۱
- ۲-۶: معرفی مدل های انتخابی در تحلیل المان محدود ----- ۱۱۱
- ۱-۲-۶: محدوده ی تغییرات هندسی کلگی های انتخابی ----- ۱۱۲

- ۵-۴-۷: تعیین بار حد پلاستیک در مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی با استفاده از معیار
انحنای کار پلاستیک ----- ۱۴۹
- ۶-۴-۷: مقایسه ی معیارهای کار پلاستیک و انحنای کار پلاستیک با معیار دو برابر شیب الاستیک
برای یک مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی تحت بارگذاری ترکیبی ----- ۱۵۱
- ۵-۷: نحوه ی تشکیل موج کمانشی دو شاخگی و گسترش آن در مخزن تحت فشار ----- ۱۵۸
- نتیجه گیری های کلی ----- ۱۶۴
- پیشنهادهایی برای ادامه ی کار ----- ۱۶۹
- منابع ----- ۱۷۱

فهرست اشکال

فصل اول

صفحه

- شکل ۱-۱: نمونه هایی از مخازن تحت فشار ۳
- شکل ۲-۱: اجزای مختلف مخزن تحت فشار ۶
- شکل ۳-۱: گونه های مختلف کلگی های مورد استفاده در مخازن تحت فشار ۷

فصل دوم

- شکل ۱-۲: مدل کلوپر برای بررسی حالات مختلف گسست و خرابی ۱۴
- شکل ۲-۲: انواع مختلف کمانش دو شاخگی ۱۷
- شکل ۳-۲: انواع مختلف کمانش بار حد ۱۸
- شکل ۴-۲: مقادیر β برای کلگی شبه بیضوی با نازل مرکزی براساس کرنش ۱ درصد در منطقه ی ناکل ($t/T=1$) ۲۲
- شکل ۵-۲: کمانش غیرخطی منطقه ی ناکل برای کلگی شبه بیضوی در اثر فشار داخلی ۲۳
- شکل ۶-۲: قطاعی از یک سیلندر جدار نازک تحت فشار ۲۴
- شکل ۷-۲: تنش های محیطی و طولی در یک پوسته ی جدار نازک تحت فشار ۲۶
- شکل ۸-۲: تغییرات فشار داخلی و کرنش هسته در طول پروسه ی انبساط الاستیک-پلاستیک برای یک سیلندر دوسر بسته ۳۴
- شکل ۹-۲: مدل پوسته ی انتخابی و محورهای مختصات مرتبط با مدل ۳۶
- شکل ۱۰-۲: مدل مش بندی شده ی سیلندر تحت فشار ۳۷
- شکل ۱۱-۲: مد کمانشی حاصل از تحلیل المان محدود برای سیلندر جدار نازک با شرایط انتهایی کاملاً مقید ۳۹

فصل سوم

- شکل ۱-۳: حالت های مختلف اتصال کلگی و بدنه ی استوانه ای ۴۳
- شکل ۲-۳: اتصال کلگی مخروطی و بدنه ی استوانه ای تحت فشار داخلی ۴۴
- شکل ۳-۳: تنش های به وجود آمده در محل اتصال کلگی به بدنه ی استوانه ای تحت فشار داخلی - ۴۴
- شکل ۴-۳: تحلیل المان محدود بر اساس بار حد ۴۷
- شکل ۵-۳: شکل های تغییر شکل یافته حاصل از تحلیل بار حد برای ماده ای با تنش تسلیم ۲۵۰ مگاپاسکال ۴۷
- شکل ۶-۳: توزیع تنش حاصل از تحلیل با تغییر شکل های کوچک ۴۸
- شکل ۷-۳: حالت خرابی متقارن محل اتصال کلگی مخروطی و بدنه ی استوانه ای تحت فشار داخلی ۴۹
- شکل ۸-۳: مکانیزم تغییر شکل پلاستیک ایده آل برای محل تقاطع استوانه و کلگی تحت فشار داخلی ۴۹
- شکل ۹-۳: تاثیر تغییر شکل های بزرگ و تعریف خرابی ۵۱
- شکل ۱۰-۳: اختلاف فشارهای شکست حاصل از تئوری های مختلف نسبت به زاویه راس مخروط - ۵۵

- شکل ۳-۱۱: تقریبی از اثرات تغییر شکل های بزرگ ----- ۵۶
- شکل ۳-۱۲: نمای شماتیک از محل اتصال کلگی و بدنه ی استوانه ای ----- ۵۷
- شکل ۳-۱۳: بار کمانشی تقریب زده شده در ازای فشار اعمالی ----- ۵۹
- شکل ۳-۱۴: تغییرات فشار کمانشی با نسبت شعاع به ضخامت ----- ۶۰
- شکل ۳-۱۵: تغییرات فشار کمانشی با زاویه ی راس ----- ۶۱
- شکل ۳-۱۶: مدهای کمانشی محل تقاطع کلگی و بدنه ی استوانه ای ----- ۶۳
- شکل ۳-۱۷: مخزن تحت فشار برای ذخیره ی روغن فشار بالا ----- ۶۷
- شکل ۳-۱۸: مد کمانشی کلگی کروی در اثر اعمال فشار خارجی ----- ۶۸
- شکل ۳-۱۹: مد کمانشی کلگی مخروطی در اثر اعمال فشار داخلی ----- ۶۸

فصل چهارم

- شکل ۴-۱: مدل های ماده و پاسخ سازه ----- ۷۴
- شکل ۴-۲: معیار دو برابر شیب الاستیک (TES) ----- ۷۵
- شکل ۴-۳: تئوری دو برابر شیب الاستیک از دید مقدار صلبیت سازه ----- ۷۶
- شکل ۴-۴: کار الاستیک و پلاستیک در حین رسیدن بار به مقدار بار پلاستیک ----- ۷۷
- شکل ۴-۵: معیار تقاطع دو مماس (TI) ----- ۷۸
- شکل ۴-۶: معیار کار پلاستیک برای تعیین ضریب بار تناسبی پلاستیک ----- ۸۳
- شکل ۴-۷: معیار انحنای کار پلاستیک (PWC) ----- ۸۵
- شکل ۴-۸: دایره ی محیطی ارزیاب معیار انحنای کار پلاستیک ----- ۸۸

فصل پنجم

- شکل ۵-۱: نمونه ی مخزن انتخابی برای تست های تجربی ----- ۹۱
- شکل ۵-۲: دستگاه تست انتخابی به همراه وسایل جانبی ----- ۹۳
- شکل ۵-۳: نحوه ی تغییرات تنش تسلیم در مجاورت منطقه ی جوش ----- ۹۴
- شکل ۵-۴: نحوه ی تغییرات کرنش ها با افزایش فشار داخلی ----- ۹۵
- شکل ۵-۵: رفتار پس کمانشی مدل های مورد آزمایش ----- ۹۷
- شکل ۵-۶: رشد تغییر شکل در بخش مخروطی ----- ۹۸
- شکل ۵-۷: ضرایب سری فوریه برای مدل های انتخابی در اثر افزایش فشار ----- ۱۰۱

فصل ششم

- شکل ۶-۱: مقایسه ای بین دو روش حل کمانش: (a) منحنی بار-تغییر شکل غیر خطی (b) منحنی کمانش (مقادیر ویژه) خطی ----- ۱۰۵
- شکل ۶-۲: منحنی رفتار کمانشی و فازهای پیش و پس کمانشی ----- ۱۰۵
- شکل ۶-۳: نمایش تغییر شکل کمانشی در فرم کمانش شکم دهی ----- ۱۰۶
- شکل ۶-۴: الگوریتم نیوتن-رافسون کامل ----- ۱۰۷
- شکل ۶-۵: الگوریتم نیوتن-رافسون با سفتی اولیه ----- ۱۰۸

- شکل ۶-۶: الگوریتم نیوتن-رافسون تغییر یافته ----- ۱۰۸
- شکل ۶-۷: الگوریتم طول کمان ----- ۱۰۹
- شکل ۶-۸: کلگی مخروطی به همراه بارگذاری فشاری داخلی ----- ۱۱۱
- شکل ۶-۹: کلگی شبه بیضوی به همراه بارگذاری فشاری داخلی ----- ۱۱۱
- شکل ۶-۱۰: کلگی بیضوی به همراه بارگذاری فشاری داخلی ----- ۱۱۲
- شکل ۶-۱۱: المان PLANE77 ----- ۱۱۵
- شکل ۶-۱۲: المان PLANE82 ----- ۱۱۵
- شکل ۶-۱۳: المان SOLID70 ----- ۱۱۵
- شکل ۶-۱۴: المان SOLID45 ----- ۱۱۵
- شکل ۶-۱۵: المان SOLID90 ----- ۱۱۶
- شکل ۶-۱۶: المان SOLID95 ----- ۱۱۶
- شکل ۶-۱۷: المان SHELL132 ----- ۱۱۶
- شکل ۶-۱۸: المان SHELL93 ----- ۱۱۷
- شکل ۶-۱۹: مدل دو بعدی مش بندی شده و نحوه اعمال شرایط مرزی ----- ۱۱۸
- شکل ۶-۲۰: مدل سه بعدی مش بندی شده با المان های Shell ----- ۱۱۸
- شکل ۶-۲۱: مدل سه بعدی مش بندی شده با المان های Solid و محل اعمال شرایط مرزی ----- ۱۱۸

فصل هفتم

- شکل ۷-۱: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
ضخامت های مختلف در دمای $T = 0^{\circ}C$ ----- ۱۲۰
- شکل ۷-۲: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
ضخامت های مختلف در دمای $T = 300^{\circ}C$ ----- ۱۲۱
- شکل ۷-۳: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
ضخامت های مختلف در دمای $T = 600^{\circ}C$ ----- ۱۲۱
- شکل ۷-۴: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
ضخامت های مختلف در دمای $T = 800^{\circ}C$ ----- ۱۲۲
- شکل ۷-۵: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
شعاع های مختلف بدنه ی استوانه ای در دمای $T = 0^{\circ}C$ ----- ۱۲۳
- شکل ۷-۶: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای
شعاع های مختلف بدنه ی استوانه ای در دمای $T = 300^{\circ}C$ ----- ۱۲۳

- شکل ۷-۷: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه ای در دمای $T = 600^{\circ}C$ ----- ۱۲۴
- شکل ۸-۷: تغییرات بار حد پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه ای در دمای $T = 800^{\circ}C$ ----- ۱۲۴
- شکل ۹-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی مخروطی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10mm$ ----- ۱۲۵
- شکل ۱۰-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی مخروطی، به ازای ضخامت‌های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000mm$ ----- ۱۲۶
- شکل ۱۱-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی شبه بیضوی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10mm$ ----- ۱۲۶
- شکل ۱۲-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی شبه بیضوی، به ازای ضخامت‌های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000mm$ ----- ۱۲۶
- شکل ۱۳-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی بیضوی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10mm$ ----- ۱۲۷
- شکل ۱۴-۷: تغییرات بار حد پلاستیک نسبت به دما در کلگی بیضوی، به ازای ضخامت‌های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000mm$ ----- ۱۲۷
- شکل ۱۵-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای ضخامت‌های مختلف در دمای $T = 0^{\circ}C$ ----- ۱۲۸
- شکل ۱۶-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای ضخامت‌های مختلف در دمای $T = 300^{\circ}C$ ----- ۱۲۹
- شکل ۱۷-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای ضخامت‌های مختلف در دمای $T = 600^{\circ}C$ ----- ۱۲۹
- شکل ۱۸-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای ضخامت‌های مختلف در دمای $T = 800^{\circ}C$ ----- ۱۳۰
- شکل ۱۹-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه‌ی استوانه‌ای در دمای $T = 0^{\circ}C$ ----- ۱۳۱
- شکل ۲۰-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه‌ی استوانه‌ای در دمای $T = 300^{\circ}C$ ----- ۱۳۱
- شکل ۲۱-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه‌ی استوانه‌ای در دمای $T = 600^{\circ}C$ ----- ۱۳۲
- شکل ۲۲-۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک در کلگی‌های مخروطی، شبه بیضوی و بیضوی به ازای شعاع‌های مختلف بدنه‌ی استوانه‌ای در دمای $T = 800^{\circ}C$ ----- ۱۳۲

- شکل ۷-۲۳: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی مخروطی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10\text{mm}$ ----- ۱۳۳
- شکل ۷-۲۴: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی مخروطی، به ازای ضخامت های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۳۴
- شکل ۷-۲۵: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی شبه بیضوی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10\text{mm}$ ----- ۱۳۴
- شکل ۷-۲۶: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی شبه بیضوی، به ازای ضخامت های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۳۵
- شکل ۷-۲۷: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی بیضوی، به ازای شعاع‌های مختلف بدنه ی استوانه در ضخامت ورق $t=10\text{mm}$ ----- ۱۳۵
- شکل ۷-۲۸: تغییرات بار کمانشی دوشاخگی پلاستیک نسبت به دما در کلگی بیضوی، به ازای ضخامت های مختلف ورق در شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۳۶
- شکل ۷-۲۹: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات ضخامت ورق در کلگی بیضوی در مخزن با شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۳۷
- شکل ۷-۳۰: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات شعاع سیلندر در کلگی بیضوی در مخزن با ضخامت جداره ی $t=10\text{mm}$ ----- ۱۳۷
- شکل ۷-۳۱: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات ضخامت ورق در کلگی شبه بیضوی در مخزن با شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۳۸
- شکل ۷-۳۲: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات شعاع سیلندر در کلگی شبه بیضوی در مخزن با ضخامت جداره ی $t=10\text{mm}$ ----- ۱۳۹
- شکل ۷-۳۳: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات ضخامت ورق در کلگی مخروطی در مخزن با شعاع داخلی $R=1000\text{mm}$ ----- ۱۴۰
- شکل ۷-۳۴: تعیین مکانیزم خرابی غالب نسبت به تغییرات شعاع سیلندر در کلگی مخروطی در مخزن با ضخامت جداره ی $t=10\text{mm}$ ----- ۱۴۰
- شکل ۷-۳۵: کنترل مد خرابی در مخزن فلزی با کلگی مخروطی در دمای $T=0^{\circ}\text{C}$ ----- ۱۴۱
- شکل ۷-۳۶: کنترل مد خرابی در مخزن فلزی با کلگی مخروطی در دمای $T=300^{\circ}\text{C}$ ----- ۱۴۲
- شکل ۷-۳۷: کنترل مد خرابی در مخزن فلزی با کلگی مخروطی در دمای $T=600^{\circ}\text{C}$ ----- ۱۴۲
- شکل ۷-۳۸: کنترل مد خرابی در مخزن فلزی با کلگی مخروطی در دمای $T=800^{\circ}\text{C}$ ----- ۱۴۳
- شکل ۷-۳۹: منطقه ی گذار از تغییر شکل پلاستیک بزرگ با تقارن محوری به کمانش الاستیک غیر متقارن ----- ۱۴۴
- شکل ۷-۴۰: محدوده ی زاویه ای معرف گذار از تغییر شکل پلاستیک بزرگ با تقارن محوری به مد کمانشی الاستیک غیر متقارن ----- ۱۴۴
- شکل ۷-۴۱: مخزن فلزی با کلگی مخروطی ----- ۱۴۵

- شکل ۴۲-۷: تعیین بار حد با استفاده از تئوری تغییر شکل های کوچک
 ۱۴۶ -----
- شکل ۴۳-۷: معیار تقاطع دو مماس برای تعیین بار حد پلاستیک
 ۱۴۷ -----
- شکل ۴۴-۷: معیار دو برابر شیب الاستیک برای تعیین بار حد
 ۱۴۸ -----
- شکل ۴۵-۷: معیار کار پلاستیک برای مخزن با کلگی مخروطی
 ۱۴۹ -----
- شکل ۴۶-۷: معیار انحنای کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی
 ۱۵۰ -----
- شکل ۴۷-۷: جابجایی نقاط واقع در مناطق سه گانه ی مخزن با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۱ ----- $T = 300^{\circ}C$
- شکل ۴۸-۷: جابجایی نقاط واقع در مناطق سه گانه ی مخزن با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۱ ----- $T = 600^{\circ}C$
- شکل ۴۹-۷: جابجایی نقاط واقع در مناطق سه گانه ی مخزن با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۲ ----- $T = 800^{\circ}C$
- شکل ۵۰-۷: معیار دو برابر شیب الاستیک برای کلگی مخروطی در دمای $T = 300^{\circ}C$
 ۱۵۲ -----
- شکل ۵۱-۷: معیار دو برابر شیب الاستیک برای کلگی مخروطی در دمای $T = 600^{\circ}C$
 ۱۵۳ -----
- شکل ۵۲-۷: معیار دو برابر شیب الاستیک برای کلگی مخروطی در دمای $T = 800^{\circ}C$
 ۱۵۳ -----
- شکل ۵۳-۷: معیار کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۴ ----- $T = 300^{\circ}C$
- شکل ۵۴-۷: معیار انحنای کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۴ ----- $T = 300^{\circ}C$
- شکل ۵۵-۷: معیار کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۵ ----- $T = 600^{\circ}C$
- شکل ۵۶-۷: معیار انحنای کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۵ ----- $T = 600^{\circ}C$
- شکل ۵۷-۷: معیار کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۶ ----- $T = 800^{\circ}C$
- شکل ۵۸-۷: معیار انحنای کار پلاستیک برای مخزن فلزی تحت فشار با کلگی مخروطی در دمای
 ۱۵۶ ----- $T = 800^{\circ}C$
- شکل ۵۹-۷: مقایسه ی بار حد پلاستیک حاصل از معیارهای مختلف پلاستیک برای مخزن با کلگی
 ۱۵۷ ----- مخروطی
- شکل ۶۰-۷: مخزن فلزی با کلگی مخروطی
 ۱۵۸ -----
- شکل ۶۱-۷: گره های انتخابی برای بررسی پدیده ی کمانش دو شاخگی
 ۱۵۹ -----
- شکل ۶۲-۷: شروع و گسترش موج کمانشی در تغییر شکل کمانش دو شاخگی پلاستیک
 ۱۵۹ -----
- شکل ۶۳-۷: وضعیت موج کمانشی در ضریب بار 20%
 ۱۶۰ -----
- شکل ۶۴-۷: تشکیل موج کمانشی در ضریب بار 40%
 ۱۶۰ -----

- شکل ۶۵-۷: وضعیت موج کمانشی در ضریب بار 60% ----- ۱۶۰
- شکل ۶۶-۷: وضعیت موج کمانشی در ضریب بار 80% ----- ۱۶۱
- شکل ۶۷-۷: وضعیت موج کمانشی در ضریب بار 90% ----- ۱۶۱
- شکل ۶۸-۷: موج کمانشی کاملاً توسعه یافته در ضریب بار 100% ----- ۱۶۱
- شکل ۶۹-۷: توزیع کرنش پلاستیک برای کلگی مخروطی در فاز تغییر شکل کمانشی دو شاخگی -- ۱۶۳
- شکل ۷۰-۷: توزیع کرنش پلاستیک برای کلگی شبه بیضوی در فاز تغییر شکل کمانشی دو شاخگی ۱۶۳

فهرست جداول

صفحه

فصل اول

جدول ۱-۱: بخش های مختلف استاندارد ASME ----- ۱۰

جدول ۱-۲: دستورالعمل های طراحی و ساخت مخازن تحت فشار مورد استفاده در کشورهای مختلف ----- ۱۲

فصل دوم

فصل سوم

فصل چهارم

فصل پنجم

فصل ششم

جدول ۱-۶: مشخصات هندسی کلگی مخروطی ----- ۱۱۱

جدول ۲-۶: مشخصات هندسی کلگی شبه بیضوی ----- ۱۱۱

جدول ۳-۶: مشخصات هندسی کلگی بیضوی ----- ۱۱۲

جدول ۴-۶: درصد عناصر به کار رفته در فولاد ضدزنگ ۳۰۴ ----- ۱۱۳

جدول ۵-۶: مشخصات مکانیکی فولاد ضد زنگ ۳۰۴ ----- ۱۱۴

فصل هفتم

جدول ۱-۷: مشخصات هندسی مدل انتخابی ----- ۱۴۵

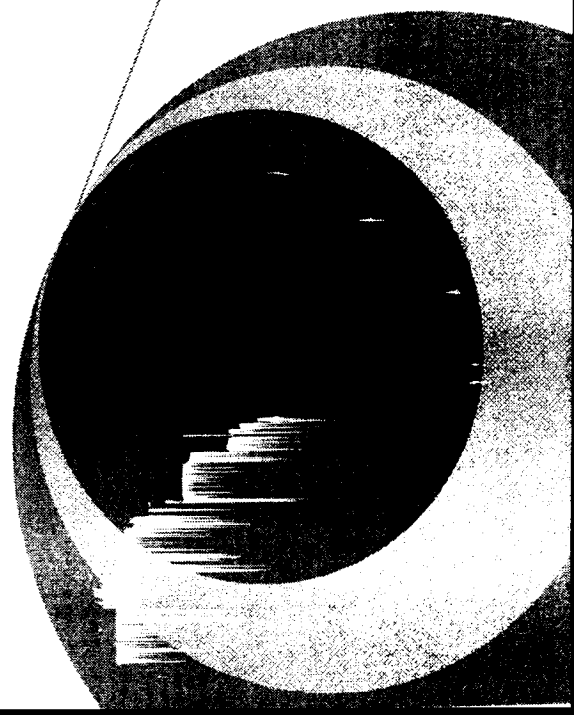
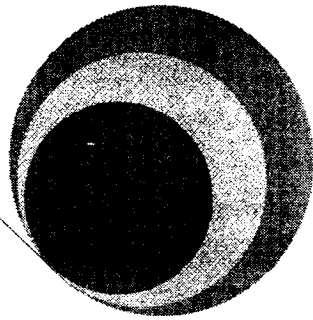
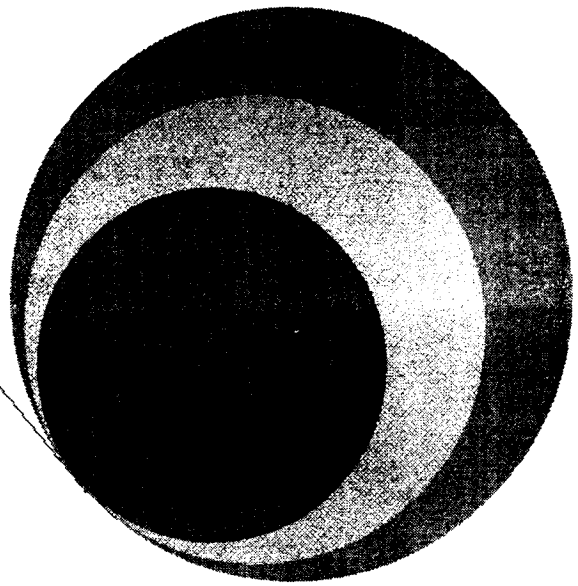
جدول ۲-۷: مقایسه ی نتایج حاصل از معیارهای مختلف پلاستیک ----- ۱۵۰

جدول ۳-۷: مقایسه ی بار حد پلاستیک معیارهای مختلف برای کلگی مخروطی در دماهای مختلف ----- ۱۵۷

کاري ----- ۱۵۷

جدول ۴-۷: مشخصات هندسی مدل انتخابی ----- ۱۵۸

مقدمه



مقدمه:

امروزه مخازن تحت فشار فلزی، در بسیاری از صنایع از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی کاربرد زیادی دارند. این مخازن معمولاً از یک بدنه‌ی عموماً استوانه‌ای به همراه کنگی‌ها در اشکال مختلفی مثل کنگی‌های بیضوی، شبه بیضوی، کروی، مخروطی و مسطح و ... ساخته می‌شوند. حالت عمومی بارگذاری در مخازن فلزی مزبور به صورت بارگذاری فشاری داخلی است که تحت بارگذاری فشاری به علت عدم پیوستگی شیب هندسی در راستای محوری در محل اتصال کنگی و بدنه‌ی استوانه‌ای، تنش‌های محیطی فشاری بزرگی در محل اتصال به وجود می‌آید که این تنش‌های فشاری در صورت رسیدن به یک مقدار بحرانی، می‌توانند سبب تسلیم و سپس گسست مخزن به دو صورت کلی تغییرشکل‌های پلاستیک بزرگ و یا کمانش پلاستیک و یا الاستیک شوند که نتیجه‌ی آن، پدیدار شدن موج‌های کمانشی پریودیک در حول مخزن و در جوار محل تقاطع کنگی و بدنه خواهد بود. شکل کلی موج‌های کمانشی حاصل می‌توانند در فرم کلی متقارن و یا پادمتقارن باشند که پارامترهای هندسی مخزن، مشخص‌کننده‌ی نوع کلی کمانش و شکل آن خواهد بود. در این پایان‌نامه، تاثیر ضخامت ورق، نوع شکل کنگی و دمای مخزن بر روی بار حد و بار بحرانی کمانشی مخازن فلزی با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی قرار گرفته است.

برای بررسی بار حد در مخازن تحت فشار، تئوری‌های پلاستیک مختلفی وجود دارند که در این پایان‌نامه، معیارهای تقاطع دو مماس (Tangent intersection criterion)، دو برابر شیب الاستیک (Twice elastic slope criterion)، کار پلاستیک (Plastic work criterion) و انحنا‌ی کار پلاستیک (Plastic work curvature criterion) برای بدست آوردن بار حد در مخازن تحت فشار مورد استفاده قرار گرفته است. معیارهای کار پلاستیک و انحنا‌ی کار پلاستیک، معیارهایی هستند که بار حد را بر مبنای کار پلاستیکی که در سازه در طول افزایش بار تلف می‌شوند محاسبه می‌کنند و می‌توانند برای یک مخزن تحت بارگذاری منفرد و یا ترکیبی از بارگذاری‌ها به کار روند. حسن بسیار بزرگ معیارهای جدید

در این است که بر خلاف معیارهای پلاستیک قبلی، بار حد محاسبه شده با استفاده از این معیارها، از پاسخ الاستیک اولیه سازه متاثر نمی شود.

برای بررسی پدیده‌ی کمانش غیر خطی در روش المان محدود، از دو الگوریتم نیوتن-رافسون کامل (Full Newton-Raphson) و الگوریتم طول کمان (Arc-Length method) استفاده شده است که الگوریتم طول کمان، یک روش بسیار کاربردی می باشد که در حالت کمانش ناگهانی مخزن که ماتریس سختی مماسی سازه به صورت منفرد در می آید منجر به واگرایی جواب نشده و لذا قابلیت ردیابی و تعقیب مسیر پس کمانشی (Post Buckling) در سازه های فلزی تحت فشار را دارا می باشد .

بعد از محاسبه ی بار حد و بار بحرانی کمانشی مخازن، نتایج عددی حاصل با نتایج موجود در ادبیات فن و نتایج حاصل از استانداردهای بین المللی مثل استاندارد مهندسیین مکانیک آمریکا (ASME) مقایسه شده و یک معیار طراحی بر مبنای پارامترهای هندسی یک مخزن تحت فشار، ارائه شده است.